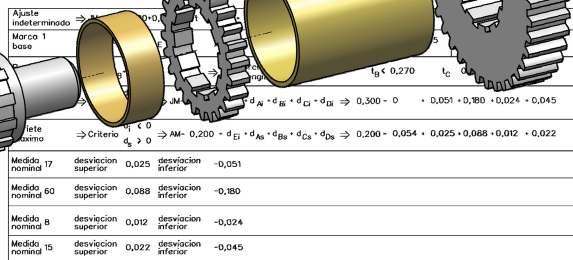




Pedro Company, Margarita Vergara, Salvador Mondragón



Col·lecció
«Treballs d'Informàtica i Tecnologia»
Núm. 27

DIBUJO INDUSTRIAL

Pedro Company
Margarita Vergara
Salvador Mondragón



UNIVERSITAT
JAUME·I

COMPANY, Pedro P.

Dibujo industrial / Pedro Company, Margarita Vergara, Salvador Mondragón. — Castelló de la Plana : Publicacions de la Universitat Jaume I, D.L. 2007

p. : il. ; cm. — (Treballs d'informàtica i tecnologia ; 27)

ISBN 978-84-8021-603-6

1. Dibuix industrial — Problemes, exercicis, etc. I. Vergara, Margarita, coaut. II. Mondragón Donés, Salvador, coaut. III. Universitat Jaume I. Publicacions, ed. IV. Títol. V. Sèrie.

744(076.2)



Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny de la coberta, no pot ser reproduïda, emmagatzemada, ni transmesa de cap manera, ni per cap mitjà (elèctric, químic, mecànic, òptic, de gravació o bé de fotocòpia) sense autorització prèvia de la marca editorial

© Del text: Els autors, 2007

© De la present edició: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2007

Edita: Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions
Campus del Riu Sec. Edifici Rectorat i Serveis Centrals. 12071 Castelló de la Plana
Fax 964 72 88 32
www.tenda.uji.es e-mail: publicacions@uji.es

ISBN: 978-84-8021-603-6

Dipòsit legal: B-12581-2007

DOI: <http://dx.doi.org/10.6035/INFiTEC.2007.27>

Imprimeix: Book Print Digital, SA

ÍNDICE

ÍNDICE	1
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	9
CONTENIDO	11
CAPÍTULO 1	
DIBUJO DE DISEÑO DE PRODUCTOS, EQUIPOS, INSTALACIONES Y PROCESOS	15
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DIBUJOS TÉCNICOS	18
1.1.1 Por clase de representación	18
1.1.2 Por procedimiento de confección	18
1.1.3 Por contenido	20
1.1.4 Por finalidad	21
1.2 DIBUJOS DE PRODUCTOS INDUSTRIALES: CONJUNTOS Y DESPIECES	23
1.2.1 Principios generales de representación	24
1.2.2 Criterios particulares en la ejecución de los dibujos de conjunto	27
1.2.3 Especificación de componentes	30
1.2.4 Materiales	33
1.2.5 Organización e identificación de los dibujos	39
1.2.6 Almacenamiento, recuperación y copia de los dibujos	42
1.2.7 Gestión de datos de producto	43
1.3 ELEMENTOS ESTANDARIZADOS	45
1.3.1 Representación de formas estandarizadas	46
1.3.2 Representación de piezas estandarizadas	51
1.3.3 Representación de otras piezas características	59
1.3.4 Detección de piezas estandarizadas	71
1.4 REPRESENTACIONES GRÁFICAS DE EQUIPOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES	73
1.4.1 Representaciones esquemáticas	76
1.4.2 Símbolos y signos	80
1.4.3 Reglas generales de representación de esquemas	85
1.4.4 Esquemas eléctricos y electrónicos	86

1.4.5 Esquemas hidráulicos	92
1.4.6 Esquemas neumáticos y oleohidráulicos	97
1.4.7 Esquemas mecánicos	101
1.5 REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN INGENIERÍA CIVIL	108
1.5.1 Planos de emplazamiento	110
1.5.2 Planos de obra civil	112
1.5.3 Planos de estructura metálica y hormigón armado	112
1.5.4 Planos de construcción y arquitectura industrial	115
1.5.5 Detalles constructivos	115
1.5.6 Otros planos constructivos	118
1.6 REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN DISEÑOS INDUSTRIALES	120
1.6.1 Diseño de juguetes	121
1.6.2 Diseño de mobiliario	124
1.6.3 Diseño de electrodomésticos	130
1.6.4 Diseño conceptual	132
EJERCICIOS CAPÍTULO 1: DISEÑO DE PRODUCTOS, EQUIPOS, INSTALACIONES Y PROCESOS	135
Ejercicio 1.1 Polea de cinta magnetofónica	137
Ejercicio 1.2 Polea de persiana	142
Ejercicio 1.3 Base y tapa	145
Ejercicio 1.4 Guía para puerta	149
Ejercicio 1.5 Racor	153
Ejercicio 1.6 Regleta de conexiones	155
Ejercicio 1.7 Palanca de regulación	160
Ejercicio 1.8 Bisagra	163
Ejercicio 1.9 Llave de paso para radiador	168
Ejercicio 1.10 Estructura de acero atornillada	171
Ejercicio 1.11 Cimentación de un edificio de viviendas	173
Ejercicio 1.12 Pilar y zapata	183
Ejercicio 1.13 Rueda autoalineable	186
Ejercicio 1.14 Manivela de persiana	191
Ejercicio 1.15 Toma de corriente trifásica de pared	197
Ejercicio 1.16 Interruptor eléctrico	199
Ejercicio 1.17 Soporte de fijación para lámpara articulada	202
Ejercicio 1.18 Programador de horno eléctrico	205
Ejercicio 1.19 Transmisión de coche de juguete	215
Ejercicio 1.20 Transmisión de una locomotora de juguete	221
Ejercicio 1.21 Bujía	226
Ejercicio 1.22 Válvula de seguridad	231
Ejercicio 1.23 Desagüe fregadero	237
Ejercicio 1.24 Llave de paso recto	241
Ejercicio 1.25 Válvula y sifón de desagüe	248
Ejercicio 1.26 Boquilla de inyección	257
Ejercicio 1.27 Tornillo de joyero	262
Ejercicio 1.28 Toma de corriente trifásica de superficie estanca	268
Ejercicio 1.29 Válvula antirretorno	276
Ejercicio 1.30 Bureta	278

Ejercicio 1.31 Bolígrafo	280
Ejercicio 1.32 Válvula de seguridad regulable de dos etapas	282
Ejercicio 1.33 Mechero Bunsen	284
Ejercicio 1.34 Conector	286
Ejercicio 1.35 Contrapunto de torno	288
Ejercicio 1.36 Rodillo de curvar	290
Ejercicio 1.37 Almacenamiento de fueloil	292
Ejercicio 1.38 Equipo contra incendios	295
Ejercicio 1.39 Grupo de presión para suministro de agua sanitaria	299
Ejercicio 1.40 Circuito amplificador	306
Ejercicio 1.41 Molienda de arcillas cerámicas	310
Ejercicio 1.42 Accionamiento neumático	315
Ejercicio 1.43 Instalación eléctrica de una vivienda	317
Ejercicio 1.44 Mesa de oficina	323
Ejercicio 1.45 Recipiente de sobremesa para desperdicios	325

CAPÍTULO 2 FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA 333

2.1 PROCESOS DE FABRICACIÓN CONVENCIONALES 336

2.1.1 Procesos de formación	337
2.1.2 Procesos de conformación	340
2.1.3 Procesos de arranque de viruta	342
2.1.4 Procesos de acabado por tratamiento térmico	347
2.1.5 Procesos de acabado por recubrimiento	348

2.2 PROCESOS DE ENSAMBLAJE CONVENCIONALES 350

2.2.1 Tipos de uniones	350
2.2.2 Representaciones de uniones móviles, articulaciones o enlaces	352
2.2.3 Uniones fijas y no desmontables	359

2.3 ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE PRODUCTOS 383

2.3.1 Clasificación de las imperfecciones	384
2.3.2 Reglas fundamentales	386

2.4 ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE PRODUCTOS: TEXTURA SUPERFICIAL 388

2.4.1 Conceptos básicos de medida de texturas	389
2.4.2 Indicación en los dibujos	393

2.5 TOLERANCIAS DIMENSIONALES 399

2.5.1 Introducción	399
2.5.2 Conceptos básicos	400
2.5.3 Representación por indicación directa de la tolerancia	403
2.5.4 Representación por referencia a clasificación normalizada de la tolerancia (sistema ISO)	404
2.5.5 Calidad de tolerancias ISO	405
2.5.6 Posición de las tolerancias ISO	407
2.5.7 Tolerancias preferentes	414

2.6 AJUSTES 417

2.6.1 Concepto de ajuste	417
2.6.2 Tipos de ajuste	417
2.6.3 Parámetros de los ajustes	418
2.6.4 Sistemas de ajuste	418
2.6.5 Elección de un ajuste	420
2.6.6 Cálculo de un ajuste	420
2.6.7 Representación de los ajustes	426
2.7 CADENAS DE COTAS	427
2.7.1 Introducción	427
2.7.2 Elementos de una cadena de cotas	428
2.7.3 Metodología	428
2.8 TRANSFERENCIA DE COTAS	432
2.8.1 Introducción	432
2.8.2 Transferencia de cota parcial a total	433
2.8.3 Transferencia de cota total a parcial	434
2.9 TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS	436
2.9.1 Introducción	436
2.9.2 Utilidad de las tolerancias geométricas.	436
2.9.3 Conceptos básicos	437
2.9.4 Representación normalizada de tolerancias geométricas	438
2.9.5 Tolerancias de forma	445
2.9.6 Tolerancias de perfil	448
2.9.7 Tolerancias de orientación	451
2.9.8 Tolerancias de situación	454
2.9.9 Tolerancias de oscilación radial/axial	455
2.10 TOLERANCIAS GENERALES	458
2.10.1 Tolerancias dimensionales generales	458
2.10.2 Tolerancias geométricas generales	460
EJERCICIOS CAPÍTULO 2: DIBUJO DE FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA	463
Ejercicio 2.1 Maneta de accionamiento de máquina herramienta	465
Ejercicio 2.2 Base angular de anclaje	467
Ejercicio 2.3 Soporte de fijación	469
Ejercicio 2.4 Respaldo angular de contención	471
Ejercicio 2.5 Cigüeñal	473
Ejercicio 2.6 Sillón autoplegable	476
Ejercicio 2.7 Cartela de nudo de estructura de barras	479
Ejercicio 2.8 Estructura de anclaje de grúa	482
Ejercicio 2.9 Rótula	490
Ejercicio 2.10 Banco urbano tipo Alehop	494
Ejercicio 2.11 Cuerpo de válvula	501
Ejercicio 2.12 Ejes de rebobinador	503
Ejercicio 2.13 Alargadera punta de compás	507
Ejercicio 2.14 Árbol de reductor de motor de arranque	510
Ejercicio 2.15 Motor eléctrico	512
Ejercicio 2.16 Soporte	519

Ejercicio 2.17 Guía	524
Ejercicio 2.18 Bisagra	529
Ejercicio 2.19 Cierre	534
Ejercicio 2.20 Árbol de engranajes	540
Ejercicio 2.21 Tapa	547
Ejercicio 2.22 Basculante	549
Ejercicio 2.23 Base de anclaje	551
Ejercicio 2.24 Árbol	553
Ejercicio 2.25 Válvula de seguridad	555
Ejercicio 2.26 Bancada de comparación	557
Ejercicio 2.27 Utensilio de posicionamiento	560
Ejercicio 2.28 Boquilla de inyección	564
Ejercicio 2.29 Tornillo de joyero	568
 LISTADO DE NORMAS REFERENCIADAS	 571
Españolas	571
Otras	575

AGRADECIMIENTOS

Este libro no hubiera sido posible sin la desinteresada colaboración de muchos amigos y compañeros que han ayudado a enriquecerlo durante el largo periodo de su gestación.

Merecen una mención especial Julio Serrano, que colaboró en la elaboración de las explicaciones teóricas sobre tolerancias, y José Ramón Mira, Manolo Contero y Pepe Creixach que han aportado algunos de sus ejercicios. Pero tampoco podemos olvidar a Jorge Domingo-Arnau, Raquel Oliver y Jesús Bort, que nos han prestado su valiosa ayuda para conseguir gran parte de las fotografías de los procesos de fabricación, elementos de máquinas e instalaciones de laboratorio. Enrique Giménez y Kudama Habib también han contribuido a enriquecer las explicaciones de procesos de fabricación con interesantes imágenes. Enrique Belenguer, Roberto Sanchis y Francisco Sánchez nos han ayudado con los esquemas eléctricos, electrónicos y cinemáticos, respectivamente. Ramón Cabello, Antonio Vela y Sergio Chiva nos han aportado imágenes de instalaciones térmicas y de fluidos. Lola Martínez nos ha facilitado ilustraciones de una planta de nanofiltración y algunos planos de estructuras metálicas. Julio Faustino ha contribuido con algunas de las ilustraciones topográficas. Todos ellos han contribuido a «vestir» el libro con ejemplos más reales, y nos han ayudado a depurar errores y fallos.

También hay contribuciones de algunos estudiantes. En concreto, agradecemos a Miriam Ruiz las ilustraciones de su proyecto sobre una línea de mobiliario de oficina; a Ruth León las imágenes del diseño de un gusano de juguete y a Patricio Olabarrieta por el exprimidor de frutas. Estíbaliz López nos proporcionó las ilustraciones de una mesa; Roberto Calahorra nos proporcionó imágenes del mobiliario de una habitación infantil y Raquel Cancho nos facilitó algunos esquemas hidráulicos.

Por último, también hay planos de nuestra propia universidad, facilitados por la Oficina Técnica de Obras y Proyectos (OTOP).

A todos ellos queremos agradecerles su contribución desinteresada para completar y mejorar esta obra.

INTRODUCCIÓN

Este libro de DIBUJO INDUSTRIAL contiene los fundamentos teóricos y una colección de ejemplos del ámbito de las aplicaciones del *Dibujo Técnico*, tanto de diseño industrial como de proyectos de ingeniería industrial.

Para explicar lo que entendemos por dibujo industrial debemos comenzar diciendo que el calificativo de *técnicos* aplicado a los dibujos corresponde a aquellos que se utilizan como lenguaje para transmitir información. La característica principal de todas las representaciones gráficas que pretendan ser útiles como lenguaje es que deben transmitir información. En este sentido, se diferencian completamente de las representaciones gráficas en las que prima la estética. Dicho de otro modo, los dibujos no son técnicos por la naturaleza de los objetos representados, ni por el uso de instrumentos o el seguimiento de ciertas reglas para el trazado de dichos dibujos, sino por el hecho fundamental de que su objetivo es contener y transmitir información. Así se entiende que un bodegón de un florero es un dibujo artístico mientras que un plano de fabricación del mismo florero es un dibujo técnico.

Además, la información que contienen los dibujos técnicos atiende a dos situaciones distintas. Por una parte es un medio fundamental para facilitar la concepción y el estudio de nuevos diseños, es decir, para *crear*. Por otra parte sirve como vehículo de intercambio de información entre técnicos, es decir, para *especificar*. Como herramienta para crear, la coherencia entre el dibujo y el objeto que se está creando es el aspecto que requiere toda la atención. El dibujo debe representar el aspecto que el diseñador está analizando o sintetizando. Y la representación debe ayudar al diseñador en su proceso creativo. Como herramienta para especificar, el dibujo técnico suele tener la consideración de documento de contrato. Ello es debido a la naturaleza comercial de la gran mayoría de las comunicaciones entre técnicos. De ahí la necesidad de que se atenga a un lenguaje formal, respetando normas y convencionalismos. El dibujo debe intentar tener un significado único y no ambiguo.

Esta doble naturaleza de las representaciones gráficas empleadas en la técnica, unida al principio de economía de esfuerzo (habitual en cualquier actividad económica), hace que resulte lógico y usual emplear diversos tipos de dibujos especialmente adaptados a las necesidades de cada caso. Por eso, en la bibliografía clásica se distingue entre *geometría descriptiva* o *constructiva* y *dibujo normalizado*. La primera estudia los dibujos que permiten crear sobre papel modelos virtuales de formas geométricas tridimensionales, y ya fue considerada en una obra previa (A. Piquer y otros, *Problemas de geometría constructiva*, Publicacions de la Universitat Jaume I, 2002). El dibujo normalizado desarrolla todas las normas y convenciones presentes en los dibujos que especifican todas las partes de un diseño o proyecto técnico. En el dibujo normalizado cabe la distinción pedagógica de comenzar por la representación de productos simples (piezas aisladas) y ampliar posteriormente al estudio de productos más complejos. Dado que la representación de piezas aisladas ya fue objeto de otra obra (P. Company y otros, *Dibujo normalizado*, Universidad Politécnica de Valencia, 1997), este libro se dedica al ámbito de la representación normalizada de productos, procesos e instalaciones complejos.

Se ha empleado el calificativo de *industriales* para dar a entender que se trata de productos, procesos e instalaciones que siguen un procedimiento de diseño y fabricación no artesanal. En un sistema artesanal se puede prescindir de dibujos y modelos; porque el producto, proceso o instalación no

suele ser complejo y la necesidad de comunicación entre personas que intervienen en el proceso es prácticamente nula. Dibujo industrial no es sinónimo de dibujo de producto seriado. De ser así, quedarían excluidos la mayoría de edificios, barcos, etcétera, dado que no son seriados sino singulares. Por el contrario, el criterio seguido en este libro es que, obviamente, son productos, procesos o instalaciones tan complejos que requieren una capacidad tecnológica que hace impensable clasificarlos como artesanales y, en consecuencia, para su diseño y fabricación se necesitan planos, tanto o más que para crear y especificar los productos sujetos a fabricación seriada. Por ello, el calificativo de *industrial* se ha utilizado entendido como no-artesano; sin que sea correcto entenderlo como sinónimo de productos, proceso o instalaciones que están sujetos a una producción seriada.

CONTENIDO

El objetivo de este libro es estudiar las reglas que rigen la elaboración y la interpretación de los dibujos técnicos orientados a la especificación de información técnica del ámbito del diseño y el proyecto de ingeniería industrial. Dicho en otras palabras, el objetivo global es que el lector conozca las normas aplicables a dibujos industriales, de forma que quede facultado tanto para la interpretación de planos ajenos como para la correcta elaboración de los propios.

Al acabar el libro, el lector será capaz de:

- Definir los diferentes tipos de dibujos de ingeniería.
- Seleccionar el tipo de dibujo de ingeniería apropiado para cada situación.
- Conocer y aplicar las representaciones simbólicas de información de diseño y fabricación utilizadas habitualmente en planos de ingeniería.
- Interpretar dibujos de ingeniería realizados por otros técnicos.
- Realizar dibujos de ingeniería para transmitir sus propios diseños y proyectos.

Debe remarcarse que este libro es la continuación natural de la obra *Dibujo normalizado* (P. Company y otros, Universidad Politécnica de Valencia, 1997). Por ello, se asume que los dibujos de contenido de detalle han sido abordados de forma más directa en el libro anterior, y en consecuencia el objetivo del libro se centra especialmente en los dibujos de contenido general.

Para alcanzar el objetivo propuesto, el libro se ha ordenado de forma que los dibujos se estudian atendiendo a la *naturaleza de la información* que contienen, distinguiendo entre dibujos de diseño y dibujos de fabricación. En concreto, el libro se desarrolla en dos capítulos:

- Dibujo de diseño de productos, equipos, instalaciones y procesos.
- Dibujo de fabricación y puesta en obra.

El primer capítulo se centra en los aspectos propios de los dibujos destinados a las fases de especificación y diseño, mientras que el segundo considera las fases de fabricación y utilización. Se ha optado por esta división porque los dibujos de especificación y diseño se emplean en numerosos tipos de diseño, mientras que las especificaciones de fabricación y puesta en obra siguen unos criterios mucho más particulares para diferentes ambientes de trabajo o para diferentes tipologías de productos. Además, la mayoría de las especificaciones de fabricación no son dibujos independientes, sino símbolos que se añaden a los dibujos de diseño, o a versiones simplificadas de los mismos.

Hoy en día las metodologías de ingeniería concurrente están haciendo que las tareas de diseño y fabricación tengan una relación cada vez más estrecha. Esta cooperación es enriquecedora y ayuda a que se reduzca la tradicional separación entre diseño y fabricación. Por tanto, es importante destacar que la separación de los dibujos de diseño y fabricación en el libro se ha hecho con criterios pedagógicos, y que de ninguna manera justifica las prácticas obsoletas de organización secuencial del diseño y la fabricación. No obstante, sí que conviene advertir que cuando el diseño llega a invadir el ámbito de la fabricación, o viceversa, el resultado suele ser diseños excesivamente caros (cuando un diseñador que no es experto en fabricación añade requisitos de fabricación equivocados en sus diseños), o diseños fallidos (cuando el fabricante empobrece el diseño argumentando que así

consigue mejorar la *fabricabilidad*). En definitiva, se debe colaborar, pero manteniendo la toma de decisiones en el ámbito apropiado para cada fase del proceso.

Los ejercicios resueltos que acompañan a cada capítulo del libro pretenden facilitar la asimilación de los conceptos expuestos, propiciando el trabajo personal del lector. Los ejercicios se han organizado siguiendo los objetivos que se pretenden conseguir y el nivel de formación requerido para resolverlos. Dentro del capítulo 1, pueden distinguirse cuatro series y dentro de cada serie, a su vez, los ejercicios están ordenados por nivel de complejidad creciente. De esta forma resulta fácil seleccionar los ejercicios que mejor se adaptan a las capacidades que se pretendan potenciar y al nivel de formación del lector, ayudando así al desarrollo de su trabajo personal.

- Serie 1 (ejercicios 1.1 al 1.20). Incluye ejercicios en los que se pide conocer, es decir, realizar, dibujos de conjunto a partir de información completa de las piezas que lo componen y de los aspectos principales de su ensamblaje y funcionamiento. También se pide en ocasiones la definición de algunas o todas las piezas que los forman. Los objetivos que se pretenden alcanzar se pueden resumir en uno: transcribir la información sobre el funcionamiento y el ensamblaje de las diferentes piezas que componen un conjunto a los planos de diseño, tanto al plano de conjunto con la especificación de componentes y materiales en el cajetín de despiece, como a los planos de detalle o despiece para definir la forma y dimensiones de las piezas que lo componen.

Para resolver este tipo de problemas es necesario conocer el tipo de unión existente entre las piezas y la geometría de las mismas. En los ejercicios propuestos, esta información se proporciona a partir de indicaciones escritas y de una perspectiva en explosión de las piezas que lo componen. En algunas ocasiones, por la complejidad que supone dar toda la información de las piezas sobre la misma perspectiva, se utilizan algunas vistas diédricas de piezas aisladas o del plano de conjunto inacabado, de manera que se facilita la toma de medidas.

- Serie 2 (ejercicios 1.21 al 1.28). En los ejercicios de esta serie se pide extraer de un dibujo de conjunto la información necesaria para definir todas o algunas de las piezas que lo componen. El objetivo por tanto es el de interpretar los dibujos de conjunto, apreciando a partir de ellos la forma en que están ensambladas las piezas y por consiguiente su geometría y dimensiones.

En este caso, los enunciados de los ejercicios proponen un dibujo de conjunto con la lista de piezas que lo compone y material de las mismas, junto a algunas indicaciones escritas necesarias para la concepción completa de las partes. Por tanto, para resolver los ejercicios de esta serie se deben comprender los dibujos de conjunto.

- Serie 3 (ejercicios 1.29 al 1.36). En esta serie, los enunciados de los ejercicios presentan un dibujo de conjunto sin marcas en las piezas y con indicaciones escritas sobre el ensamblaje y funcionamiento. Se pide la identificación detallada de las diferentes piezas que componen el conjunto, mediante la colocación de las marcas sobre el dibujo y completando el casillero de despiece. Por tanto, se requiere no solamente conocer las convenciones de representación de dibujos de conjunto, sino además estar familiarizado con la representación de los elementos estandarizados, y ser capaz de analizar la funcionalidad de cada pieza y los métodos de unión entre las mismas, así como de asignarles un nombre y material apropiados. Aunque es la serie de ejercicios de ejecución más breve, son los más complejos, dado que para su resolución se requiere no sólo conocer y comprender los dibujos de conjunto, sino tener también capacidad de analizarlos.
- Serie 4 (ejercicios 1.37 al 1.45). En esta última serie, se incluyen ejercicios de representación esquemática de instalaciones, mecanismos y productos. A partir de la descripción de los elementos de que consta la instalación/producto y de su funcionamiento se solicita su

representación esquemática. Estos ejercicios requieren de la consulta de normas para la búsqueda de los símbolos apropiados.

En el capítulo 2 se han considerado tres series y los ejercicios también están ordenados por nivel de complejidad creciente.

- Serie 5 (ejercicios 2.1 al 2.10). Esta serie incluye ejercicios en los que se deben indicar diferentes procedimientos de fabricación y puesta en obra junto al resultado final deseado de rugosidad superficial, sobre los dibujos de diseño previamente realizados.
- Serie 6 (ejercicios 2.11 al 2.20). En esta serie se mantiene la necesidad de indicar algún procedimiento de fabricación y/o rugosidad superficial, y se añade la determinación y representación de diferentes tolerancias dimensionales, ajustes y cadenas de cotas.
- Serie 7 (ejercicios 2.21 al 2.29). En los ejercicios de esta serie se sigue solicitando la indicación de procedimientos de fabricación, rugosidad superficial, tolerancias dimensionales y ajustes y se añade la indicación de tolerancias geométricas.

Como consideración general, hay que destacar que los ejercicios propuestos, salvo en algún caso aislado, no tienen solución única. De entre las posibles soluciones se ha elegido aquella que se ha considerado como mejor, por ser la más habitual o por ser la que mejor ilustra el objetivo buscado. No obstante, los ejercicios se han planteado de manera que en los enunciados se explica cuál es la solución de diseño adoptada en cada caso. De esta forma, se ha pretendido reducir el espectro de posibles soluciones de los problemas. Pero también se ha pretendido, y esto es más importante, destacar que los dibujos de ingeniería sirven para mostrar soluciones de diseño que deben corresponder con especificaciones que deben estar definidas antes de comenzar a tantear las posibles soluciones. Es decir, que los dibujos ayudan a encontrar la solución de diseño, y también ayudan a detectar inconsistencias o faltas en las especificaciones de diseño; pero no sirven para representar una solución antes de que ésta haya sido sintetizada en sus aspectos más conceptuales y generales. En definitiva, los dibujos ayudan a contrastar el diseño conceptual y a definir el diseño de detalle, pero el diseño conceptual debe estar resuelto con anterioridad.

Otra consideración a destacar es que las soluciones están representadas dentro de un recuadro y con su correspondiente cuadro de rotulación, a continuación de cada enunciado. Debe tenerse en cuenta que el formato de la publicación ha obligado al uso no deseable de escalas no normalizadas. También debe notarse que debido a los efectos de reproducción, las medidas que se tomen sobre las figuras pueden diferir ligeramente de las originales.

Por último, las referencias a las diferentes normas que se hacen en esta obra tienen carácter ilustrativo, por lo que son necesariamente parciales e incompletas. Se han incluido con criterios didácticos, no para ser utilizadas como obra de consulta técnica.

1

**DIBUJO DE DISEÑO
DE PRODUCTOS,
EQUIPOS, INSTALACIONES
Y PROCESOS**

El contenido de este capítulo tiene diversas denominaciones tanto en la práctica industrial como en el mundo académico, tales como *dibujos de diseño* o *planos de anteproyecto*. Nosotros hemos optado por un título que distingue los dos bloques que consideramos más importantes y diferentes. Así, la separación entre productos y equipos por una parte, e instalaciones y procesos por otra, se obtiene al dar más importancia a la forma o a la función.

En efecto, la definición del *producto* o equipo como «una cosa útil que se fabrica o se elabora» es bastante genérica, y engloba cosas tan aparentemente dispares como máquinas herramienta y muebles. Atendiendo a la naturaleza del producto se puede intentar una distinción «clásica» entre *obras civiles* y *máquinas*. Pero entonces las edificaciones serían obras civiles, aunque, a su vez, abarcan cosas tan distintas como estructuras metálicas o detalles de carpintería. De igual modo se pueden considerar «máquinas» desde los juguetes hasta la maquinaria industrial pesada, pasando por los electrodomésticos. Además, otros productos, como los muebles o los zapatos, resultan difíciles de clasificar. En consecuencia, para eludir estos problemas de terminología, prescindimos de la naturaleza de los objetos y utilizamos la expresión *dibujos de producto* para dar a entender que los dibujos considerados son aquellos que se ocupan más de la forma que de la función de los objetos representados.

Por el contrario, para mostrar mejor los aspectos relacionados con la *función* de una instalación o un proceso, se deben ocultar los detalles sobre la *forma* de cada uno de sus componentes. Por ejemplo, la función de una válvula es regular el paso de agua por una red de tuberías, y el modo en el que la válvula consigue ese efecto es, en general, irrelevante cuando se quiere estudiar el comportamiento global de la instalación. Por tanto, para representar equipos, instalaciones y procesos, se recurre a representaciones esquemáticas en las que se ocultan todos los detalles de los componentes (representándolos por medio de símbolos tan simples como sea posible) y se resaltan los aspectos que tienen que ver con la función global.

Otro objetivo del libro en general, y de este capítulo en particular, es introducir al lector en la metodología de diseño industrial. Es cierto que el libro está orientado hacia un curso introductorio de ingeniería, por lo que se presupone que el lector carece de los conocimientos tecnológicos necesarios para intentar diseñar nuevos productos. Ni siquiera está en condiciones de analizar productos diseñados por otros. No obstante, se pretende fomentar una capacidad mínima de análisis, e incluso de síntesis, a través de conocimientos y hábitos que facilitan el estudio de la forma y la función de los productos.

Entendiendo los productos industriales como objetos complejos, ensamblados a partir de un conjunto de partes, y objetos aislados (o *piezas*), pretendemos introducir el análisis y síntesis de diseños promoviendo el análisis de conceptos geométricos, tales como la determinación de la forma que deben tener las piezas para poder montarse y desmontarse, y cuál es la secuencia más simple de montaje y desmontaje. En este proceso, las piezas y/o elementos estandarizados son importantes. Especialmente, si tenemos en cuenta que aprovechar piezas estandarizadas ya existentes es una forma habitual de agilizar y asegurar la calidad de nuevos diseños.

Para introducir el análisis de funciones, se comienza por distinguir diferentes ámbitos (mecánico, eléctrico, etc.) y se fomenta el hábito de aprender a elegir las representaciones más apropiadas para cada estudio funcional, porque ocultan los detalles innecesarios en un momento dado y muestran con la mayor claridad los aspectos que se pretende estudiar.

En definitiva, el capítulo se organiza en cuatro partes principales. En la primera parte se aborda la clasificación de los dibujos técnicos. A continuación, el capítulo se centra en los dibujos donde predomina la representación de formas. La tercera parte se dedica a aquellos elementos que presentan peculiaridades que hacen que tengan representaciones específicas y un papel destacado en el diseño de productos industriales. En los tres últimos apartados del capítulo se estudian los dibujos

donde predomina la indicación de funciones. En este último bloque se consideran los diferentes tipos de funcionalidades y las representaciones que resaltan funcionalidades específicas.

1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DIBUJOS TÉCNICOS

Existen diferentes clasificaciones normalizadas de los dibujos técnicos. A destacar la norma ISO 10209-1:1992 (UNE 1166-1:1996). Pero no existe una clasificación universal de los diferentes tipos de dibujos técnicos. Además, las clasificaciones que se emplean habitualmente no dan lugar a tipos de dibujos independientes entre sí.

No obstante, partiendo de los tipos de dibujos técnicos definidos en DIN 199, proponemos una clasificación sencilla, basada en distinguir: la clase de representación, el procedimiento de confección, el contenido y la finalidad.

1.1.1 Por clase de representación

Cuando el dibujo contiene únicamente una parte de la información, que además no está totalmente contrastada, se trata de un *boceto* (o «borrador gráfico»). Cuando el dibujo contiene una especificación completa y exhaustiva del objeto o proceso, se denomina *plano*.

Un boceto es un «dibujo rápido», que se puede hacer para plasmar una idea a fin de poder estudiarla o transmitirla, pero siempre dentro de una interacción que ayude a fijar la atención en los aspectos importantes, y que no provoque confusiones o engaños sobre aspectos que no están correctamente considerados en el dibujo (véase el ejemplo de la figura 1.1). En definitiva, el boceto debe ir acompañado de explicaciones o aclaraciones por parte del autor, y tiene una vida muy corta. Por el contrario, el plano debe contener la información completa sobre el objeto o proceso representado.

Un boceto no puede tener la consideración de documento de contrato, ni puede tener una vida muy larga, porque sólo está pensado para utilizarlo acompañado de explicaciones verbales por parte de la persona que lo ha dibujado. Mientras que un plano es un dibujo «autocontenido», que no debe requerir explicaciones complementarias.

Se puede considerar que un plano es un documento que sirve para especificar las características que debe tener un producto o una instalación, y que forma parte del contrato entre la persona que lo emite (que actúa como cliente) y quien lo recibe (que actúa como proveedor). Mientras que un boceto es una herramienta particular del propio diseñador, que éste utiliza para analizar la viabilidad geométrica del objeto diseñado.

1.1.2 Por procedimiento de confección

Para clasificar los dibujos por su procedimiento de confección se distingue entre el *método* de trazado y el *instrumento* de trazado.

Según el método de trazado, se distingue entre dibujos *croquizados* o *delineados*. En los dibujos croquizados, las dimensiones se realizan a estima, mientras que en los delineados se realizan todas las construcciones geométricas necesarias para que la figura dibujada conserve todas aquellas propiedades métricas del modelo que corresponden al método de representación empleado. Se muestra un ejemplo en la figura 1.2.

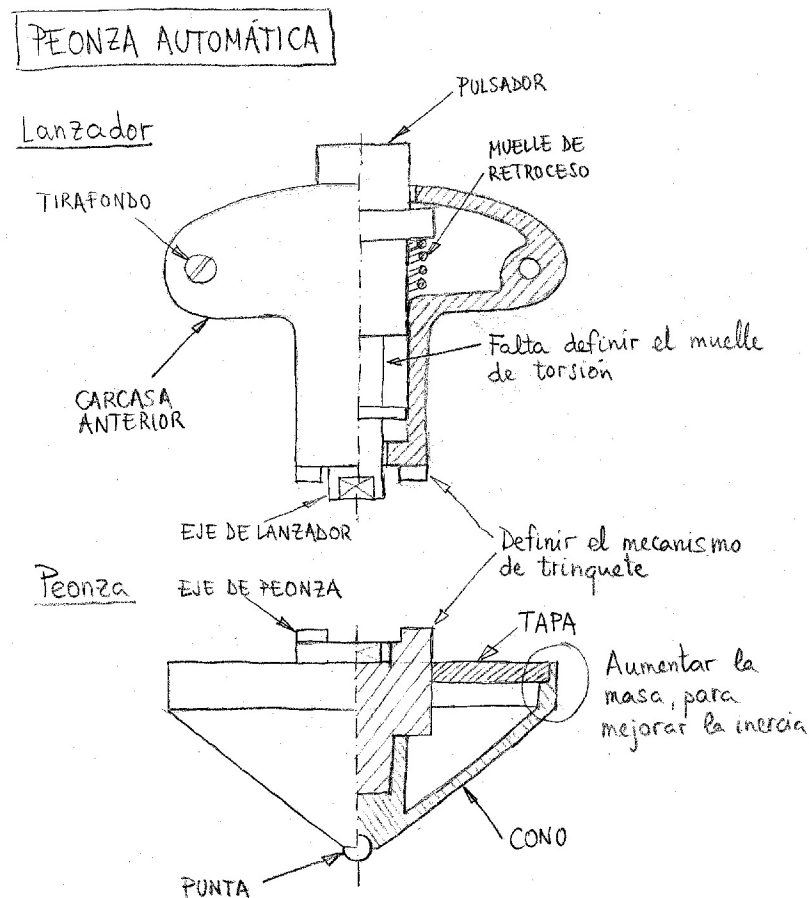


Figura 1.1 Boceto preliminar de un juguete (Peonza automática) con indicaciones sobre los aspectos que necesitan una mayor definición

Cuando se considera el *instrumento de trazado*, se puede distinguir dibujo a lápiz, dibujo a tinta, dibujo por ordenador, etc. Tradicionalmente, se acepta que el dibujo a lápiz tiene la cualidad principal de ser modificable; pero no es permanente ni tiene gran calidad de presentación. Por el contrario el dibujo a tinta se considera mejor acabado y más duradero que el dibujo a lápiz, pero no es fácilmente modificable. En realidad se distingue entre dibujos perecederos o permanentes y entre dibujos modificables o no modificables. Es decir, que se clasifican los dibujos en función de las cualidades de modificable, duradero y preciso que poseen gracias al instrumento con el que han sido trazados.

No obstante, esta distinción ha quedado desfasada por los utensilios y herramientas ofimáticas actuales (que van desde el líquido corrector hasta las máquinas reproductoras), que hacen que la calidad de la presentación de un dibujo o la facilidad para su reproducción o modificación prácticamente no dependan ni del soporte ni del instrumento con los que inicialmente se trabaja. Por ejemplo, un dibujo a tinta se puede modificar con facilidad y sin pérdida de calidad utilizando líquido corrector, mientras que de un dibujo a lápiz se pueden obtener copias de alta calidad con una máquina fotocopidora.

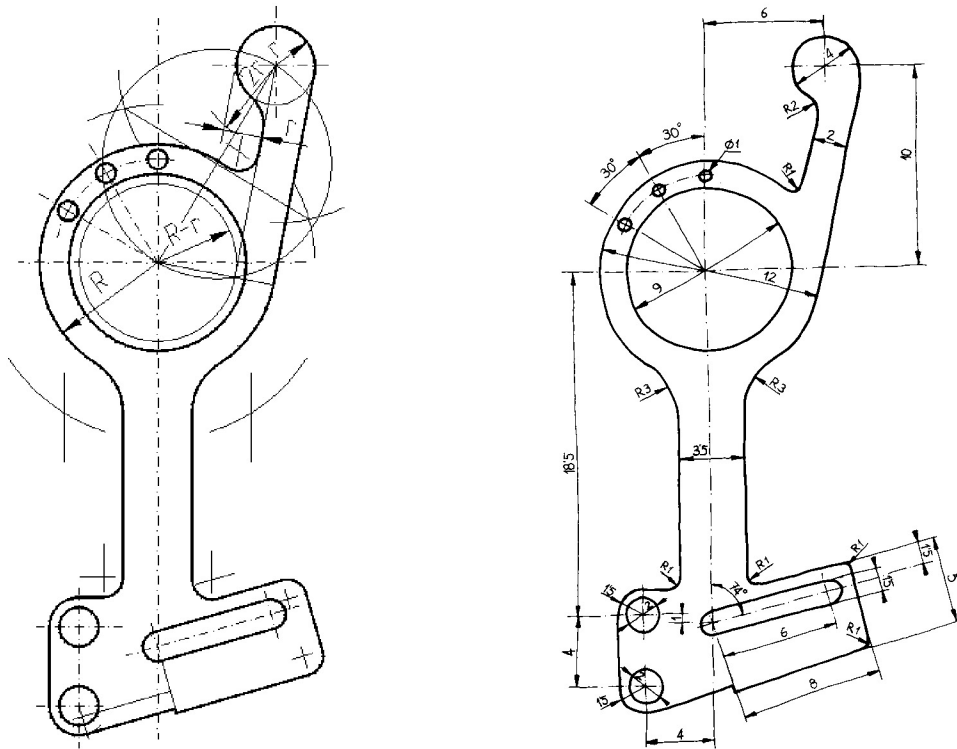


Figura 1.2 Dibujo de una lengüeta de un mecanismo electro-mecánico de temporización, se muestra tanto delineado a la izquierda (conserva todas las medidas) como croquizado a la derecha (transmite la información métrica por medio de cotas)

En este sentido, el dibujo por ordenador aún presenta más facilidades que los dibujos a lápiz o tinta, porque además de que puede ser impreso (convirtiéndose en un caso particular de dibujo a lápiz/tinta), también puede ser transmitido en un fichero de datos (utilizando para ello alguno de los diferentes formatos de datos existentes) y modificado y copiado tantas veces como se quiera, lo cual lo convierte en un dibujo modificable, no perecedero, y de alta calidad de trazado y fidelidad de formas y dimensiones.

1.1.3 Por contenido

Para clasificar los dibujos por su contenido, se distingue entre *forma* y *función*. Es decir, que se distingue entre dibujos que muestran la forma geométrica que tienen los productos y equipos industriales, y los dibujos que simplifican la forma de cada parte, para resaltar la función que realiza el todo. Por tanto se distingue entre dibujos de productos y equipos por una parte, y dibujos de instalaciones y procesos por otra parte (figura 1.3). No obstante, es bastante obvio que la forma y la función nunca están totalmente separadas, por lo que debemos hablar de dibujos en los que predomina la forma (y, por lo tanto, ésta se muestra con más detalle) y dibujos donde predomina la función (y, por tanto, lo que se simplifica es la forma).

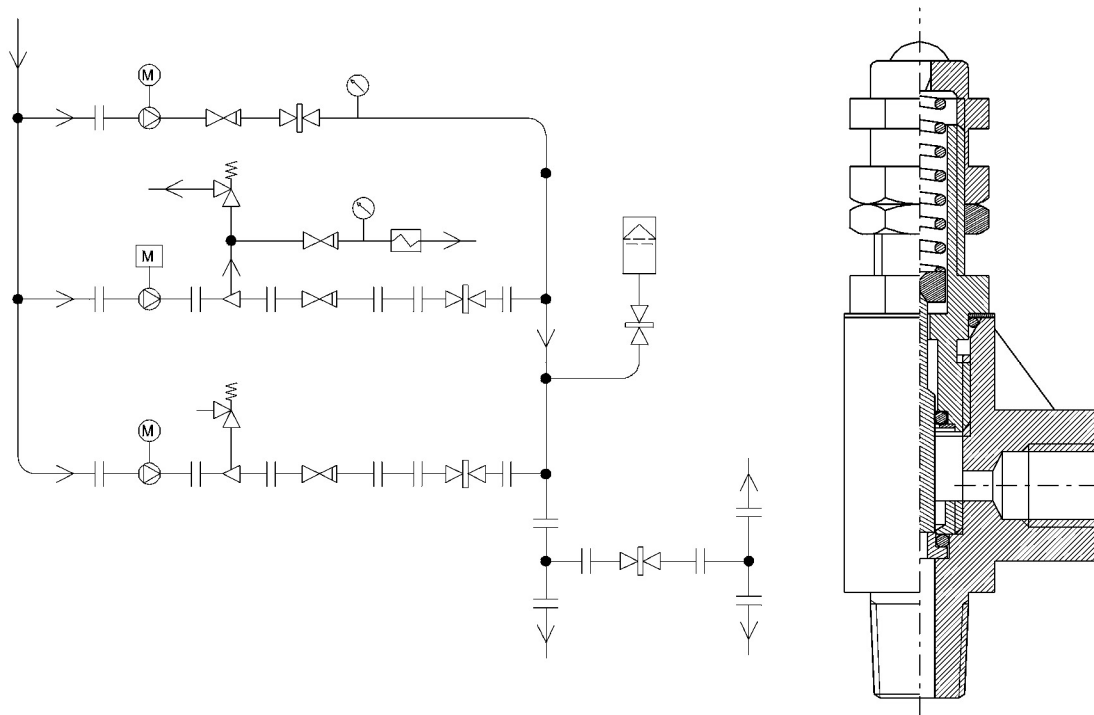


Figura 1.3 Dibujo de función de una instalación (izquierda), frente al dibujo de forma de una de sus válvulas (derecha)

Otra forma de clasificar los dibujos por su contenido es distinguir su *nivel de detalle*. Tanto en los dibujos de forma como en los de función se puede recurrir a diferentes niveles de detalle. De hecho, la estrategia recomendable en ambos casos es elegir el mínimo nivel de detalle que sea compatible con la información que se quiere transmitir en cada momento y a cada persona. Por lo tanto, habrá dibujos «globales» (que representan todo o casi todo pero lo hacen con poco detalle), y dibujos «parciales» (que representan una parte pero con mayor detalle). Esta forma de trabajar con nivel de detalle variable es necesaria porque toda la información de un diseño industrial no cabe en una única representación. Además, no sería bueno que todos los que participan en un mismo proyecto tuvieran toda la información del proyecto, porque cada participante tendría mucha información superflua. Pero tampoco es bueno fragmentar más de lo necesario la información relativa a un producto, porque conlleva la pérdida de la visión de conjunto.

1.1.4 Por finalidad

Atendiendo al propósito de un dibujo, se puede distinguir entre el *tipo de usuarios* a que se destina, la *naturaleza de la información* que contiene y la *fase del proceso* a que está destinado.

En relación con el *tipo de usuarios*, se distingue entre dibujos para uso personal, dibujos destinados a una audiencia no entrenada y dibujos destinados a una audiencia entrenada. La distinción se centra en que en los dibujos destinados a uso personal no es necesario respetar ninguna regla, mientras que en los dibujos destinados a una audiencia no entrenada hay que utilizar reglas de representación muy generales y que no requieran conocimientos o entrenamiento especial para ser entendidas (por ejemplo utilizando representaciones de tipo perspectivo, que aprovechan mejor la capacidad natural de percepción visual). Por último, en los dibujos destinados a una audiencia entrenada se puede transmitir información de forma muy compacta y rigurosa aprovechando al máximo todas las normas y reglas de representación.

Por lo que respecta a la *naturaleza de la información*, se diferencia entre el dibujo de productos y el de procesos. Entendiendo que el dibujo de productos tiende a destacar los aspectos relacionados con la forma de cada parte, mientras que el de procesos tiende a mostrar el funcionamiento conjunto.

Por último, las diferentes *fases del proceso* de diseño y/o proyecto de ingeniería que se distinguen son las de especificación, diseño, fabricación, y utilización, tal como se muestra en la tabla 1.1.

FASE	TIPO DE DIBUJO	FINALIDAD
ESPECIFICACIÓN	Pedido	Explicar las demandas del cliente.
	Oferta	Detallar la propuesta del suministrador.
	Contrato	Especificar el acuerdo entre cliente y suministrador.
	Patente	Garantizar la protección de un diseño.
DISEÑO	Borrador	Proponer diferentes alternativas.
	Anteproyecto	Evaluar algunas alternativas.
	Proyecto	Detallar una alternativa.
FABRICACIÓN	Operacional	Definir el proceso de moldeo de la pieza en bruto. Indicar los procesos de mecanizado. Especificar los tratamientos de acabado.
	Calidad	Determinar las comprobaciones que se deben hacer al producto obtenido.
UTILIZACIÓN	Montaje	Guiar el procedimiento de montaje.
	Funcionamiento	Dar instrucciones de uso.
	Mantenimiento	Dar instrucciones de mantenimiento.

Tabla 1.1 Clasificación de los dibujos empleados en las diferentes fases del proyecto, atendiendo a su finalidad

Los dibujos destinados a contener especificaciones legales se pueden dividir atendiendo a la fase del proceso en la que intervienen. Así se distingue entre pedido (cuando es una demanda del cliente), oferta (cuando lo emite el proveedor), contrato (cuando contiene el acuerdo alcanzado entre cliente y proveedor), patente, etc.

Los dibujos que se realizan en la fase de diseño son los que contienen las especificaciones funcionales. Se pueden distinguir por el nivel creciente de definición y detalle que contienen, conforme el proceso de diseño se va completando. En definitiva, se evalúan diferentes alternativas que cumplan con las especificaciones, de forma que las alternativas que parecen más prometedoras se van especificando con mayor detalle, hasta alcanzar una especificación completa de la alternativa que se ha seleccionado como la mejor de las consideradas.

Los dibujos de fabricación se pueden dividir en los operacionales y los de calidad. Los primeros son los que propiamente describen el proceso a seguir para fabricar, mientras que los segundos únicamente deben contener la información e indicaciones necesarias para comprobación y control de conformidad de lo fabricado respecto a las especificaciones.

Es importante matizar que la anterior es una clasificación muy detallada, por lo que, aunque es cierto que en algunos campos de la ingeniería se llegan a emplear por separado todos los tipos de dibujos descritos en la tabla 1.1, también lo es que en muchas ocasiones un mismo dibujo sirve para más de una finalidad.

1.2 DIBUJOS DE PRODUCTOS INDUSTRIALES: CONJUNTOS Y DESPIECES

Entendiendo un producto como un agregado de diversas partes ordenadas entre sí y dirigidas a la formación de un todo, es fácil convenir que en su representación se pueden considerar muchos aspectos, tales como mostrar las partes (o «piezas») que lo componen, ilustrar el modo de montarlo o desmontarlo, indicar sus dimensiones máximas o de «embalaje», mostrar su funcionamiento, etc. Por ello, salvo en los casos más triviales, es imposible examinar todos los aspectos de interés en una única representación. Además, hay que tener en cuenta que es usual que la documentación asociada al desarrollo de un producto se tenga que repartir entre diferentes grupos de trabajo interesados en distintos aspectos del proceso. Por tanto, tener toda la información en un único documento obligaría a dar a todo el mundo toda la información; lo que significaría dar a cada uno gran cantidad de información superflua. El extremo contrario también es malo, porque fragmentar más de lo necesario toda la información relativa a un producto puede provocar la pérdida de la visión de conjunto que permite controlar aspectos globales, tales como los vínculos entre las partes.

La solución que se adopta de forma espontánea ante la situación descrita arriba es distinguir dos tipos principales de dibujos que se utilizan en la representación de productos:

- *Dibujos de conjunto*. Los cuales sirven para indicar la forma en que se ensamblan y funcionan todas las partes que componen el producto. Se denominan también dibujos de ensamblaje o montaje.
- *Dibujos de detalle*. Son aquellos que sirven para explicar cómo son las diferentes partes o piezas que componen el producto. Se denominan también dibujos de piezas aisladas. A la colección de los dibujos de todas las piezas aisladas se la suele denominar «despiece».

La distinción anterior no es completamente rigurosa, porque en muchos casos la explicación de la forma y dimensiones de las diferentes piezas puede estar mezclada con indicaciones de montaje o funcionamiento de todo el conjunto, pero es una clasificación ampliamente aceptada y útil.

De hecho, dependiendo de la complejidad del producto se pueden llegar a necesitar más tipos de planos de diferentes «niveles» de contenido. Por ejemplo, es habitual que existan *dibujos de subconjunto* que ofrezcan un nivel de detalle intermedio entre el dibujo de conjunto y los de piezas aisladas. Estos subconjuntos suelen tener un significado funcional, ya que, al igual que en el ejemplo de la figura 1.4, en muchos casos, los subconjuntos son partes que aportan una funcionalidad concreta.

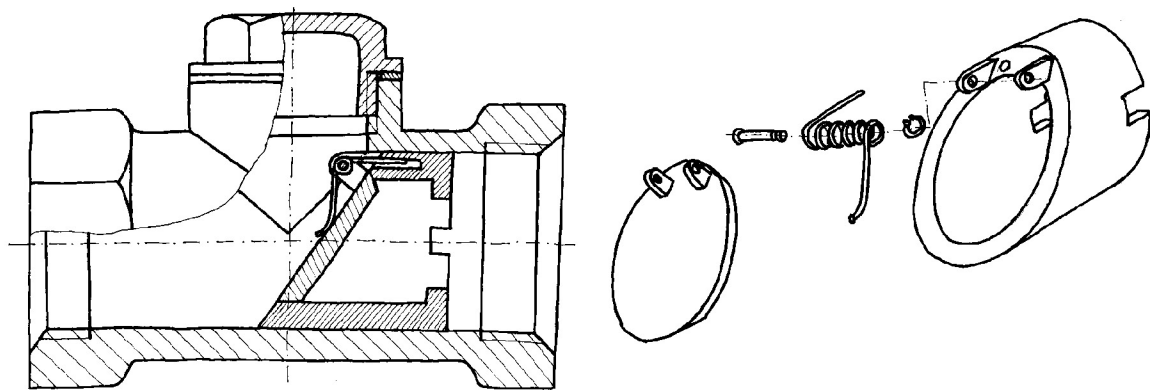


Figura 1.4 Dibujo de conjunto de una válvula antirretorno (izquierda), y subconjunto de tapón antirretorno (derecha)

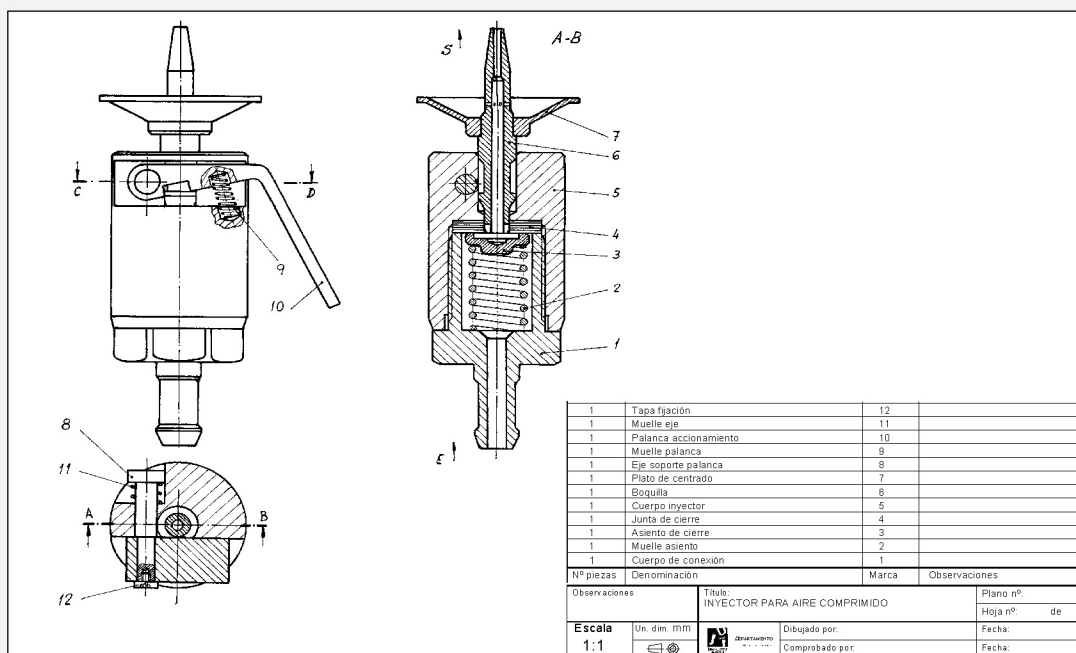
Es decir, que según la cantidad y la naturaleza de la información contenida en un dibujo, se puede llegar a distinguir entre:

- Dibujo general (o de conjunto).
- Dibujo de grupo (o subconjunto).
- Dibujo de detalle (o de pieza aislada).

1.2.1 Principios generales de representación

En los dibujos de conjunto se siguen los mismos principios generales de representación que en los dibujos de piezas aisladas. Es decir, que se representan los objetos, por medio de aristas y contornos, utilizando el sistema de representación que se considere apropiado y alterando ciertas partes según criterios convencionales (tales como vistas particulares, simplificaciones y cortes). No obstante, también se verá que los dibujos de conjunto tienen algunos convencionalismos propios. La información dimensional se confía a la acotación, o se utilizan dibujos ejecutados a escala de forma que conserven gran parte de la información métrica de los objetos representados. Un ejemplo se muestra en la figura 1.5.

En este ejemplo se dan las vistas necesarias para definir un conjunto inyector para aire comprimido. Si el dibujo está representado a escala, se pueden conocer las dimensiones principales del mismo. Además, el conjunto está representado por el alzado, la planta cortada por CD y por el corte AB, de forma que quede claro el montaje de todas las partes que componen el conjunto. Por último, una breve leyenda sirve, junto con el dibujo, para conocer el funcionamiento del mismo.



El funcionamiento del inyector se basa en que el giro de la palanca de accionamiento alrededor del eje soporte, desplaza axialmente la boquilla, la cual empuja el asiento de cierre. El aire comprimido (que entra por la boquilla E de la pieza 1) fluye por los dos orificios realizados en la parte inferior de la boquilla dirigiéndose hacia el exterior a través del canal de salida de dicha boquilla S de la pieza 6. Al dejar de accionar la palanca, el muelle 9 la hace volver a su estado de reposo. Asimismo, el muelle 2 empuja el asiento de cierre hasta la junta de cierre, quedando interrumpido el paso del aire comprimido.

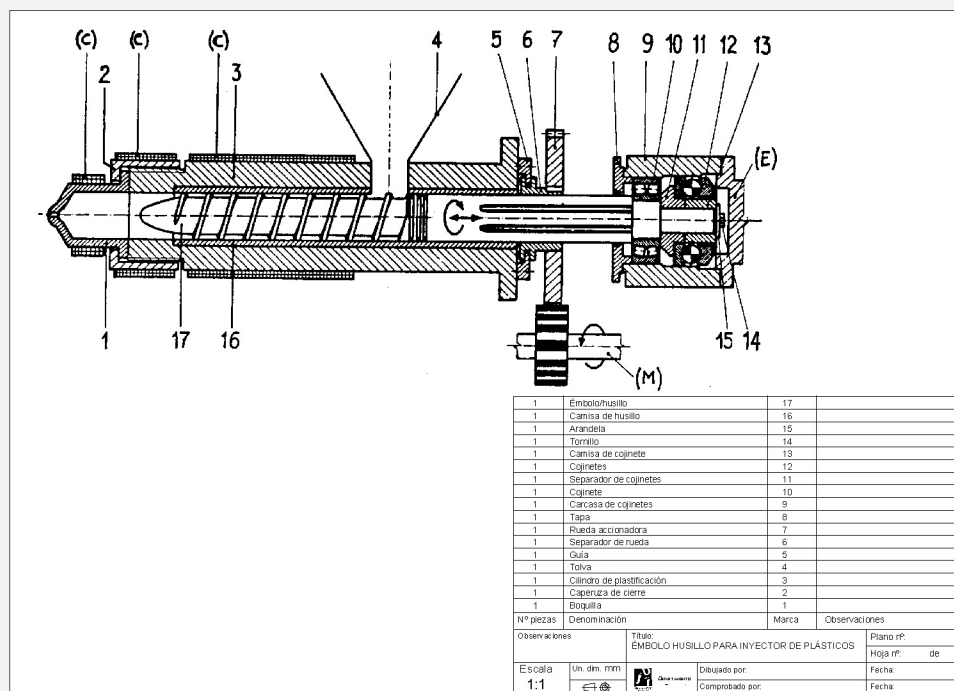
Figura 1.5 Dibujo de un inyector para aire comprimido que muestra diferentes aspectos del producto utilizando los principios generales de representación

Sin embargo, el objetivo de un dibujo de conjunto es diferente del de un dibujo de detalle. Esta diferencia se plasma en dos aspectos fundamentales:

- El objetivo prioritario de un dibujo de conjunto es dar información sobre algún aspecto global del producto. Por tanto, si es preciso, se debe sacrificar la información de detalle para que la información global se pueda mostrar con mayor claridad.
- Cuando la complejidad aumenta, se utiliza el método de «ocultación de detalles», haciendo representaciones cada vez más simbólicas, de forma que se recurre a representaciones que muestren con más claridad el funcionamiento del conjunto, a costa de eliminar información sobre la forma y dimensión de las partes.

En resumen, el dibujo de conjunto será malo si contiene información de detalle en lugar de información global del producto, y es bueno que un dibujo de conjunto oculte detalles (tal como el de la figura 1.6), puesto que esos detalles sí que estarán necesariamente contenidos en los dibujos de despiece.

En este ejemplo se muestra un subconjunto de un mecanismo inyector de plástico, que se ha representado muy simplificado, ocultando detalles sobre la forma de cada una de sus partes, para mostrar con mayor claridad los aspectos básicos de su configuración y funcionamiento.



En la parte derecha se muestran los mecanismos de giro (con el eje motor M) y de impulsión y sujeción del husillo (subconjunto 8-15), y en la parte izquierda se muestran los elementos que facilitan las dos etapas que sufre el plástico, la de plastificación y la de inyección.

En una primera etapa, la materia a plastificar se vierte en la tolva (4) y es prensada por el husillo y precalentada (por los elementos calefactores "c"), mientras es impulsada hacia la parte izquierda del cilindro de plastificación (3), por el giro del husillo (17).

En una segunda fase, la masa plastificada alojada en la cavidad de la boquilla (1) es inyectada a través de ésta por la presión ejercida por el husillo al desplazarse axialmente impulsado por el émbolo (E) al que está solidariamente unido el subconjunto de cojinetes. Durante su desplazamiento, el subconjunto de cojinetes empuja al émbolo-husillo, mientras el resto del conjunto queda fijo a una bancada no dibujada en el esquema.

Figura 1.6 Dibujo de un émbolo-husillo para inyección de plástico que muestra diferentes aspectos del producto utilizando los principios generales de representación

La información global que contiene un dibujo de conjunto puede servir para cosas tan distintas como:

- indicar qué partes forman el producto,
- mostrar sus dimensiones globales,
- ilustrar el montaje,
- mostrar algún aspecto del funcionamiento (tal como la movilidad de alguna de sus piezas), etc.

Para lograr cada uno de los objetivos anteriores, el dibujo de conjunto debe ejecutarse siguiendo los principios generales de representación, y después debe completarse con la información correspondiente, la cual se incluye a veces por medio de *cuadros leyenda* y a veces por todo tipo de *signos e indicaciones complementarias* (véase el ejemplo de la figura 1.7).

En este ejemplo se muestra un subconjunto de un sistema de riego, que se ha representado muy simplificado, ocultando detalles sobre la forma de cada una de sus partes, para mostrar con mayor claridad los aspectos básicos de su puesta en obra.

El dibujo está claramente simplificado. En particular, la llave de paso se ha dibujado con un boceto que contiene muy pocos detalles.

Los aspectos más relevantes de la puesta en obra se han indicado por medio de leyendas que deben contener indicaciones perfectamente precisas y claras en el ámbito de aplicación del dibujo, evitando así recurrir a detalles gráficos que muestren tales aspectos.

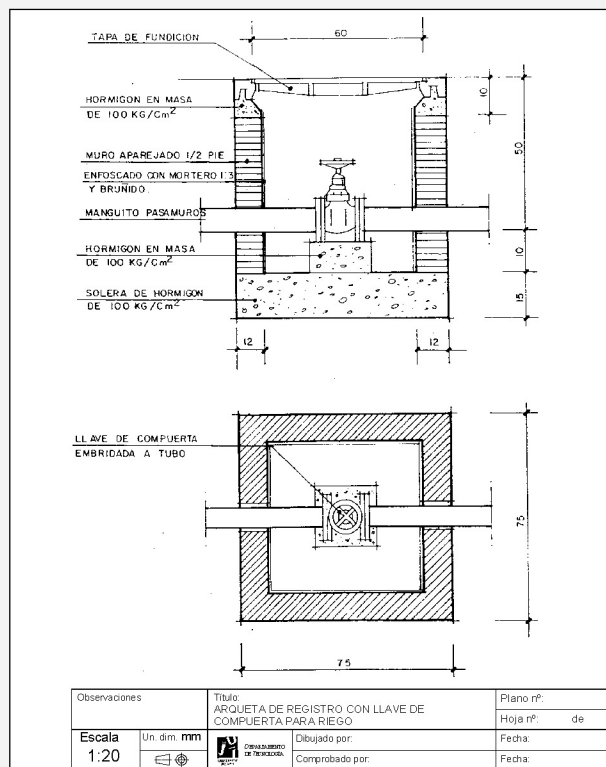


Figura 1.7 Dibujo de puesta en obra de una arqueta de registro con llave de compuerta para riego que muestra diferentes indicaciones complementarias

Entre las indicaciones complementarias destaca, no obstante, la «Especificación de componentes», que tiene un tratamiento especial y merece un estudio más detallado (ver apartado 1.2.3).

Otro aspecto importante de los dibujos de productos industriales es la organización de todos los dibujos de un mismo producto. En efecto, salvo en los casos más elementales, las especificaciones necesarias para definir completamente un producto requieren la utilización de muchos planos, por lo que encontrar el criterio apropiado para ordenar la colección de todos los planos empleados es básico para facilitar la búsqueda de la información que se desee en cada momento.

1.2.2 Criterios particulares en la ejecución de los dibujos de conjunto

Existen dos formas básicas de ejecutar un dibujo de conjunto: con las piezas que lo componen juntas o separadas. Esto da lugar a dos tipos de dibujos de conjunto:

- Montado, de forma que muestra el conjunto tal como queda después de completar el montaje.
- En explosión, de forma que muestra el conjunto con algunas, o todas, las piezas separadas de forma arbitraria pero «sugiriendo» la forma de montaje del conjunto. De hecho, el término «explosión» sugiere que las piezas se deben representar tal como quedarían instantes después de que una hipotética explosión hubiera deshecho el montaje (sin romper ninguna de las piezas).

La elección de una forma de las dos depende únicamente de la finalidad del dibujo de conjunto. Por ello no es extraño que en la documentación de un producto se empleen ambos tipos de representaciones (tal como se muestra en la figura 1.8).

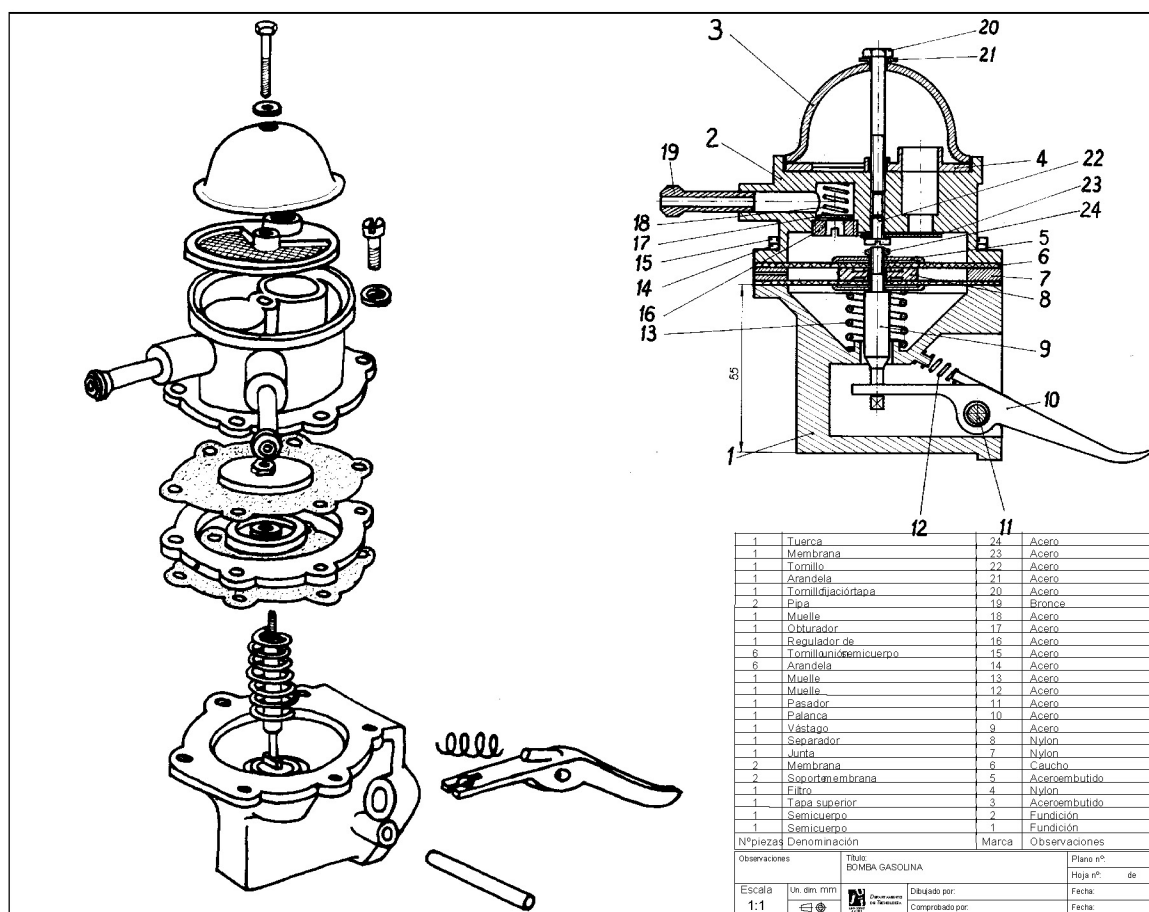


Figura 1.8 Dibujo de conjunto de una bomba de gasolina en explosión (izquierda) y montada (derecha)

En ambos casos se puede utilizar cualquier sistema de representación (aunque, preferentemente, se debe usar un sistema normalizado, como los recogidos en ISO 5456:1996). No obstante, los dibujos montados se hacen habitualmente en sistema multivista (o «representación ortográfica», ver UNE-EN ISO 10209-2:1996), mientras que los dibujos en explosión se suelen hacer en representación axonométrica.

Por otra parte, y tal como se ha dicho arriba, en un dibujo de conjunto se emplean los mismos principios de representación que en un dibujo de detalle. Es decir, que se aplican las normas de «principios generales de representación» (tales como ISO 128 o UNE 1032).

No obstante, existen algunas convenciones peculiares que es conveniente destacar:

- No es necesario seguir el mismo criterio para representar todas las partes de un conjunto: algunas partes se pueden representar de modo convencional, y otras de modo simbólico.

De hecho, se aconseja utilizar la representación simbólica para las piezas estandarizadas, para facilitar su localización al mismo tiempo que se reduce la complejidad del dibujo de conjunto (figura 1.9).

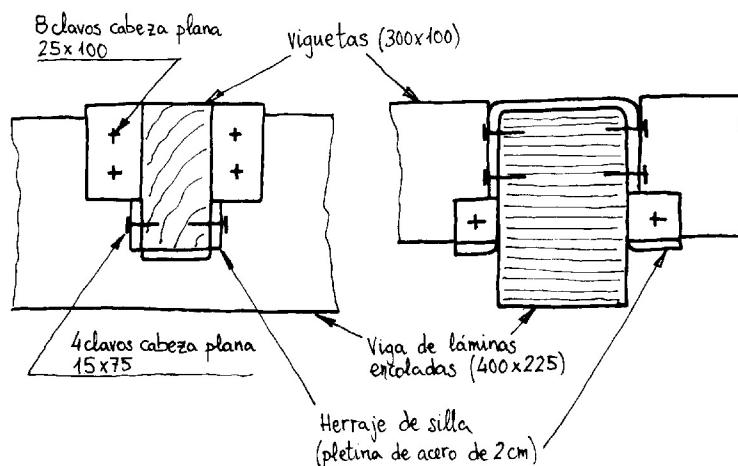


Figura 1.9 Detalle de mudo de estructura de madera

- Cuando se corta un dibujo de conjunto se deben utilizar diferentes rayados para las diferentes piezas, a fin de facilitar la identificación de cada una de ellas (figura 1.10).

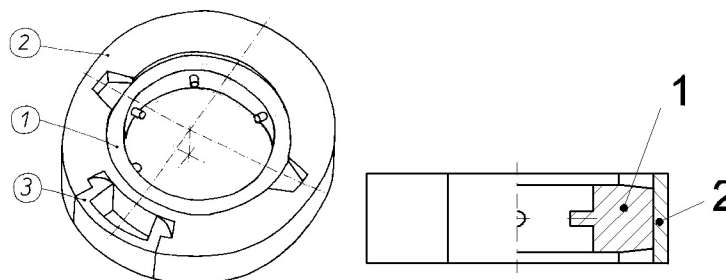


Figura 1.10 Dibujo de conjunto de patea de cinta magnetofónica

- Dos piezas adyacentes se dibujan separadas por una única línea de contorno cuando hay contacto entre sus superficies, o cuando la separación es pequeña.

Tan sólo se deben utilizar dos líneas de contorno cuando la separación sea mayor que el grosor de las líneas de contorno.

Por tanto, una sola línea significa «ajuste», y dos líneas significan «holgura» (figura 1.11).

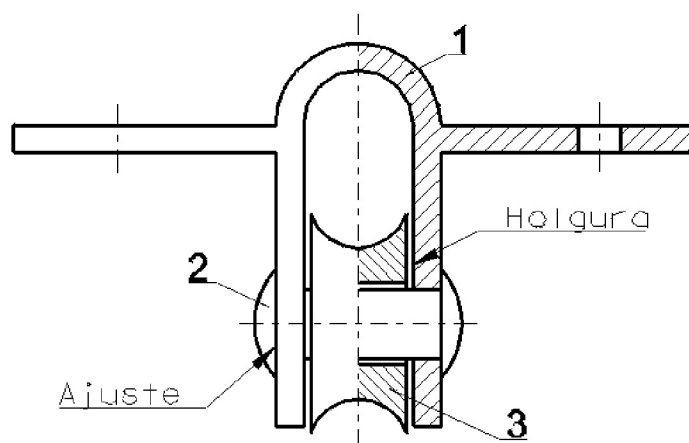


Figura 1.11 Dibujo de conjunto de patea de persiana

- Los cortes no afectan necesariamente a todas las piezas de un conjunto montado.

El objetivo de este criterio es reducir el número de figuras rayadas, para simplificar el dibujo.

La regla más habitual es dejar sin cortar las piezas que son totalmente macizas y/o aquellas que no contienen ni ocultan a ninguna otra pieza. Pero existen excepciones, tales como las piezas alargadas cuando se cortan por un plano perpendicular a su máxima dimensión (como el pasador marca 2 de la figura 1.12).

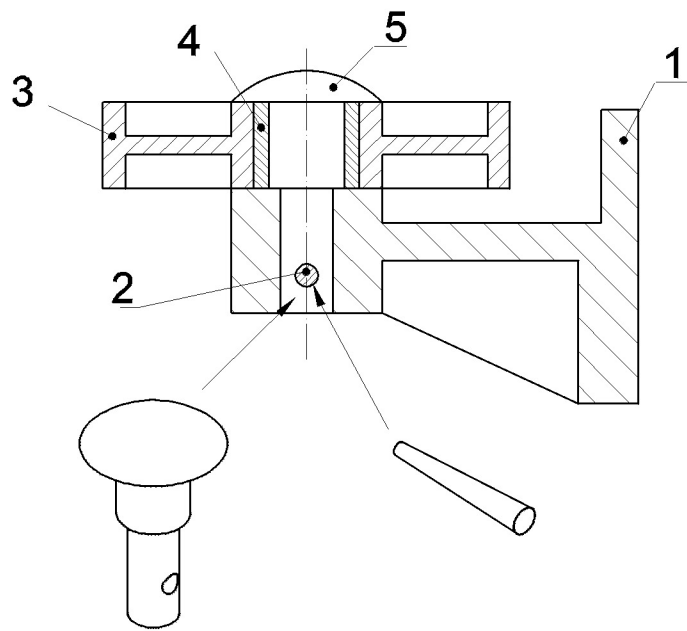


Figura 1.12 Dibujo de conjunto de guía para puerta

- En los dibujos explotados se debe tener especial cuidado en mantener la posición relativa entre todas las piezas. Y al igual que en la representación de piezas aisladas, se mantiene como criterio destacado para seleccionar la orientación de cada pieza el que la posición de representación sea la de trabajo.

Incluso se refuerza la relación entre las piezas prolongando las líneas de ejes comunes (como las de los tornillos y los agujeros en los que se roscan. Figura 1.13).

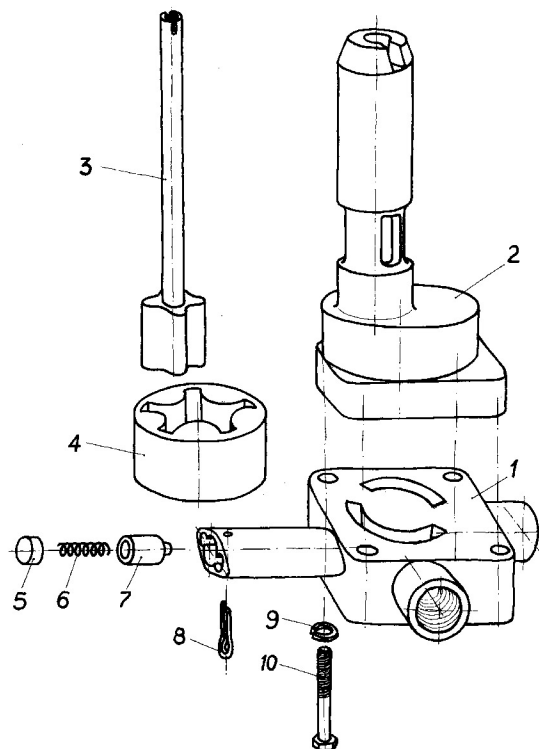


Figura 1.13 Dibujo de conjunto de una bomba de aceite

1.2.3 Especificación de componentes

La especificación de componentes consta de unas referencias o *marcas* que identifican cada uno de los componentes del conjunto y una *lista de componentes* que determina la composición de un producto formado por dos o más partes (véase el ejemplo de la figura 1.14).

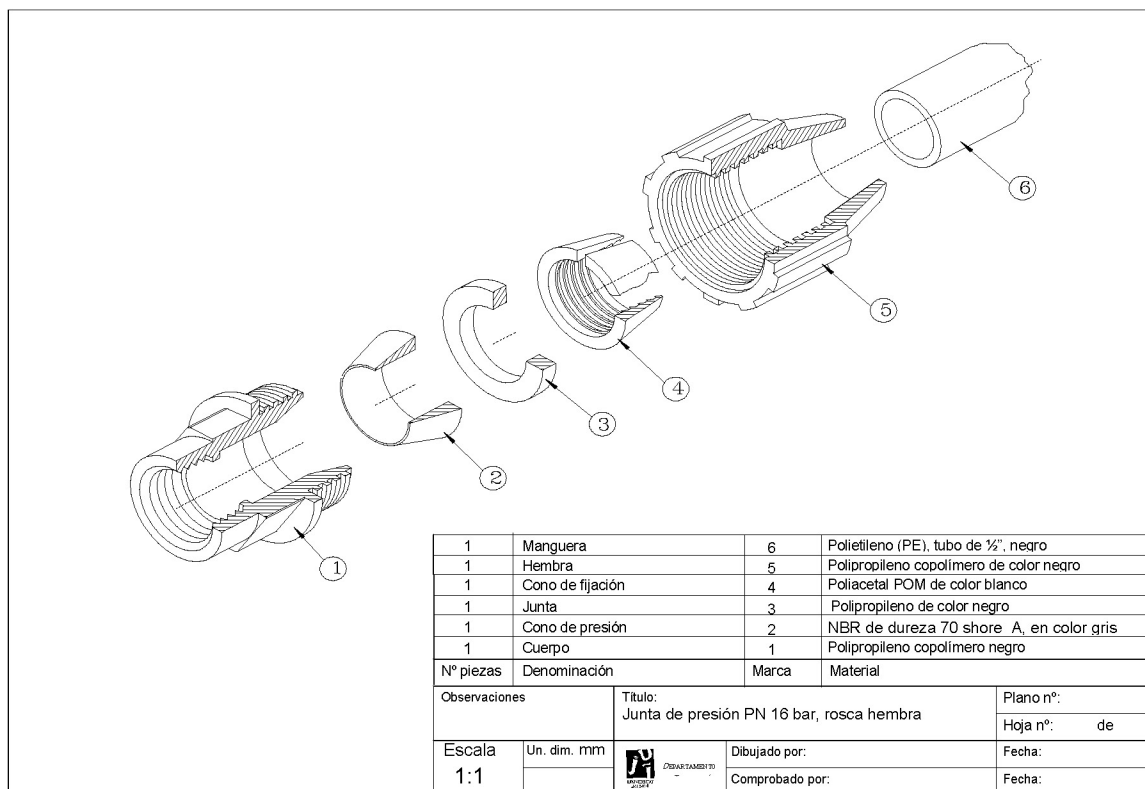


Figura 1.14 Dibujo de conjunto de una junta de presión, con marcas y cajetín

Las *marcas* son las etiquetas que se sitúan junto al dibujo de conjunto vinculándose sus elementos por medio de líneas de referencia. La norma UNE-EN ISO 6433 de 1996 contiene todas las recomendaciones generales para la ejecución de las referencias de los elementos.

Los criterios básicos que rigen el empleo de marcas de componentes se pueden resumir en las siguientes indicaciones:

- Se utiliza una marca diferente por cada uno de los «tipos» de componentes existentes en el conjunto. Es decir, que se utiliza una misma indicación cuando hay varios componentes absolutamente iguales. O lo que es lo mismo, los elementos idénticos deben identificarse por la misma marca, que se repetirá para todos ellos (aunque se podrá identificar uno sólo cuando no exista riesgo de ambigüedad).
- Cada uno de los subconjuntos completos, que debe incorporarse en el conjunto que figura en el dibujo, debe identificarse por una sola marca.
- Los códigos utilizados como marca serán tan simples como lo permita la complejidad del producto y se deberá adoptar un orden de codificación de los componentes basado en cualquier aspecto lógico (tales como importancia de las piezas, orden de montaje, etc.). Habitualmente se emplean secuencias de números o letras consecutivos.
- Todas las marcas que figuran en un mismo dibujo deben ser del mismo tipo.

- Las marcas deben distinguirse claramente de cualquier otra indicación (utilizando un formato y una altura de escritura diferentes a los de otros textos del dibujo). Todas las marcas deben tener el mismo formato y la misma altura de escritura.
- Cada marca debe unirse a la figura que representa al elemento correspondiente por medio de una línea de referencia.
- En la medida de lo posible, las marcas deben colocarse sobre el papel siguiendo un orden lógico, a fin de simplificar la búsqueda de cualquiera de ellas sobre el dibujo de conjunto.

Por su parte, la *lista de componentes* se ejecuta sobre una tabla que recibe el nombre de «cajetín de despiece» (también se utilizan «lista de elementos», «lista de piezas» y otras denominaciones semejantes). Las normas ISO 7573:1983 y su equivalente UNE 1135:1989 detallan los requisitos y recomendaciones propios de la lista de elementos.

La lista de componentes, o «cajetín», contiene varias columnas, que se utilizan según las necesidades. Los contenidos más típicos son:

- *Número de marca*

El número de marca debe estar siempre presente en el cajetín, puesto que es un «índice» del conjunto, y es la referencia que sirve de vínculo entre el dibujo y el cajetín.

De hecho, la utilidad principal del cajetín es ayudar a catalogar todas las piezas que forman parte del «ensamblaje» que representa un dibujo de conjunto. Por ello, la inclusión de los números de marca tanto en el dibujo como en el cajetín es el objetivo fundamental del cajetín. Tanto es así, que es frecuente confundir la marca con la pieza que representa (por ello se emplean expresiones como «la marca 5 debe ir roscada a tope sobre la marca 1»).

- *Denominación de la pieza*

La denominación es importante porque, si está bien elegida, sirve como descripción general de la pieza. Además es una forma de disponer de un nombre no ambiguo cuando dos personas tienen que comentar algo referido al dibujo.

- *Referencia o plano de detalle*

Otra utilidad importante de los cajetines es servir como índice que relaciona el dibujo de conjunto con cada uno de los correspondientes dibujos de detalle. Por ello, la denominación de cada componente es el vínculo entre el dibujo de conjunto y el correspondiente dibujo de detalle (el cual deberá contener en el título, el nombre especificado en el cajetín). En casos más complejos, en lugar de confiar únicamente en la correspondencia entre denominaciones del dibujo de conjunto y títulos de dibujos de detalle, se incluye una columna de «plano de detalle», en la que se consigna el código de referencia que identifica unívocamente el plano de detalle en el que se define completamente la pieza.

La indicación «Sin Dibujo» se utiliza para aquellas piezas que no tienen plano de detalle.

- *Cantidad de piezas iguales que existen en el producto*

Ayuda a hacer estimaciones de costes. Evita confusiones sobre piezas definidas o no definidas.

- *Material en el que se realiza la pieza*

Tal como se justifica más adelante, la información del material de que está hecha cada pieza es importante durante la fase de consideraciones globales del producto.

- *Indicación de normas a que se debe someter el diseño, fabricación y/o utilización de dicha pieza.*

- *Observaciones generales.* Se introduce cualquier información relevante que no tenga una forma de representación específica.

El cajetín se suele colocar junto al dibujo de conjunto, de forma que sea muy fácil relacionar el dibujo y el cajetín a través de los números de marca. Cuando resulta imposible poner el cajetín en el propio plano de conjunto, se hace en hojas aparte, pero se asigna a esas hojas la misma referencia que al plano de conjunto.

Algunas normas aconsejan situar el cajetín sobre el recuadro de rotulación, a fin de conseguir que el cajetín siga siendo visible incluso después de plegar el plano. Otras normas dejan libertad para situar el cajetín, y algunas aconsejan situarlo pegado a la esquina superior derecha del formato.

En todos los casos se aconseja que el orden del cajetín se corresponda con el número de marca. Por ello, aquellas normas que aconsejan situar el cajetín sobre el cuadro de rotulación también suelen aconsejar que se rellene de abajo arriba; para permitir modificaciones posteriores del plano (por ejemplo, añadiendo nuevas piezas) sin que se pierda el orden.

Es bueno utilizar los cajetines incluso en los dibujos de anteproyecto y en los bocetos más incompletos, porque un cajetín es útil para hacer estimaciones aproximadas de diferentes aspectos del diseño. Por ejemplo, dado que los cajetines contienen información sobre el número de piezas, el material del que están hechas, el tipo de las mismas, etc., se pueden hacer primeras estimaciones sobre coste, peso, procesos de fabricación, etc.

Por último, hay que hacer constar que en los dibujos de construcción y en los bocetos es frecuente introducir la información de cada componente directamente sobre la línea de referencia, prescindiendo de las marcas y del cajetín (figura 1.15).

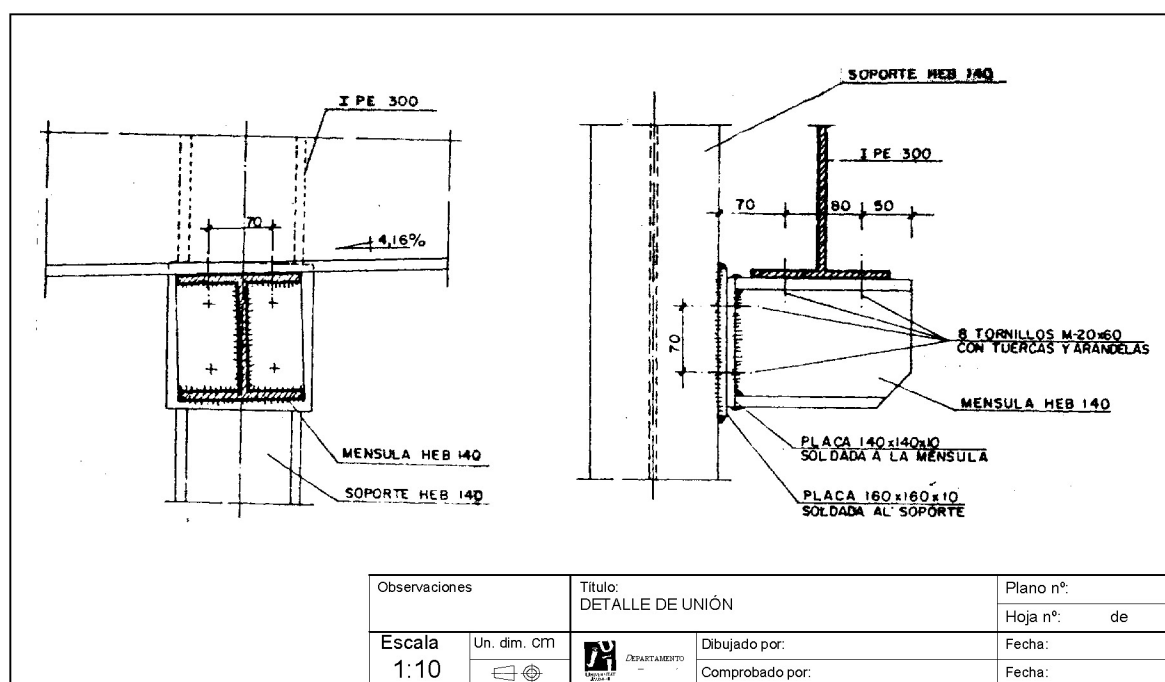


Figura 1.15 Dibujo de conjunto con referencias directas

1.2.4 Materiales

La selección detallada de un material es un problema complejo que requiere conocimientos de ciencia de los materiales y mucha experiencia en diseño y fabricación. No obstante, aunque este

libro no pretende resolver este difícil problema, sí que se debe introducir, dado que la indicación de los materiales en un dibujo de conjunto es útil para todas las personas implicadas en el diseño, porque ayuda a entender el funcionamiento del conjunto, e incluso la forma de cada una de sus partes. Y, ciertamente, basta tener unos conocimientos mínimos de las propiedades de los materiales para que resulte más fácil interpretar un dibujo de conjunto cuando se sabe el material de que está hecha cada una de sus partes. Por ejemplo, saber que una pieza es de un material elástico (como el caucho) ayuda a entender cuál puede ser su función, y conocer la facilidad con que se puede moldear el material de que está hecha una pieza ayuda a determinar qué forma puede tener. O, mejor dicho, ayuda a descartar aquellas formas que la pieza no puede tener; porque conocer las limitaciones en la capacidad de conformado del material permite descartar aquellas formas que se sabe que no se pueden fabricar.

Por todo ello, la indicación de material en la lista de piezas es una información útil para entender la forma y la función de cada una de las partes de un conjunto. Sin que para ello sea necesario conocer a fondo las características particulares de cada material en concreto, basta conocer *grosso modo* el tipo de material y sus características más generales.

Incluso la codificación de la designación completa de un material es un problema bastante complejo. Puesto que, pese a que existen diferentes normas que regulan la forma de designar los distintos materiales, las designaciones propias de cada fabricante son diferentes, e incluso las diferentes normas nacionales e internacionales emplean códigos distintos. A modo de ejemplo, se puede decir que la indicación de un mismo tipo de acero puede adoptar todas las formas mostradas en la tabla 1.2.

UNE (España)	DIN (Alemania)	AFNOR (Francia)	B.S. (Gran Bretaña)	UNI (Italia)	SS (Suecia)	AISI/SAE (USA)	JIS (Japón)
F-2111	9SMn28	S250	230Mu7	CF9Mn28	1912	1213	SUM22

Tabla 1.2 Equivalencia entre normas para la designación de un mismo tipo de acero de fácil mecanización

Hay multitud de normas, y algunas de ellas consideran dos designaciones: designación numérica y designación simbólica (DIN 9SMn28 = Stand nº 1.0715). Incluso existen denominaciones propias de cada fabricante, que en ocasiones son más populares que la designación normalizada (por ejemplo ACENOR 2606, INCONEL® 601, ...).

En el caso de los plásticos la denominación es más compleja, porque se debe indicar en primer lugar el tipo de plástico, para luego añadir las indicaciones complementarias sobre su composición y otras características. La ventaja en este caso es que la indicación del tipo de plástico estandarizada en la norma internacional ISO 1043 (UNE-EN ISO 1043), sí que tiene una amplia difusión. Un ejemplo de designación de plástico es PA 6,6 GF 30, que corresponde a la designación en inglés de una Poliamida 6,6 con relleno de un 30% de fibra de vidrio (*Glass Fibre*).

Además hay que destacar que, sobre todo en los plásticos, es habitual que la identificación del material con el que se ha fabricado un producto se rotule sobre su propia superficie.

En resumen, la indicación codificada de un material es necesaria pero compleja, porque requiere un conocimiento amplio de las diversas normas existentes. Además, se debe adaptar a cada relación particular, por lo que dependiendo de quién sea el cliente, quiénes sean los suministradores de materia prima, y en qué mercado se vaya a vender el producto, se deberá optar por utilizar diferentes codificaciones. Por ejemplo, el plástico de una pieza de un juguete que se fabrique en España pero se vaya a vender en EEUU, deberá especificarse en español en el plano (PA 6,6 FV 30) y rotularse en inglés en la pieza (PA 6,6 GF 30).

Otro aspecto relacionado con los materiales empleados en diseño y proyecto de productos industriales es su distinción en los dibujos. Antiguamente, en los cortes se utilizaba un tipo distinto de rayado para cada material. Hoy en día esta tendencia está en desuso, debido principalmente a que la gran variedad de materiales utilizados hace que resulte imposible asignar un patrón de rayado distinto para cada uno de ellos. No obstante, se sigue aplicando en algunos casos para distinguir materiales de diferente naturaleza. En la tabla 1.3 se muestran los principales tipos de patrones específicos que se utilizan con una cierta frecuencia.


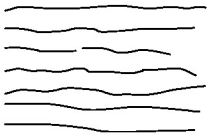
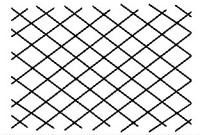
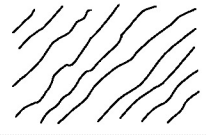

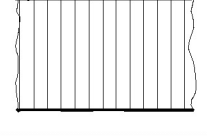
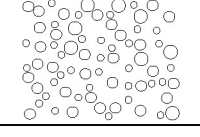

MATERIAL	PATRÓN	MATERIAL	PATRÓN
Materiales metálicos y plásticos duros		Madera maciza cortada paralelamente a sus fibras longitudinales (rayado paralelo a la dirección de las fibras)	
Gomas y otros plásticos blandos		Madera maciza cortada transversalmente a sus fibras longitudinales (rayado inclinado)	
Hormigón y otros materiales compuestos granulares		Plancha de madera y otros materiales compuestos laminares (rayado perpendicular a la dirección de las láminas)	
Espumas y otros materiales porosos		Cristal y otros materiales cerámicos	

Tabla 1.3 Patrones de rayado de diferentes materiales

Emplear diferentes patrones para distinguir materiales tan sólo es recomendable como indicación complementaria: el empleo de patrones particulares no puede en ningún caso sustituir a la indicación detallada del material. Para dicha indicación detallada se puede recurrir a un cuadro leyenda que especifique el significado exacto de cada uno de los patrones empleados, o, mejor, a la indicación de cada material en el correspondiente cajetín.

Tal como se ha dicho arriba, la selección de materiales es un problema complejo de diseño que excede el ámbito de esta obra. Pero también se ha dicho que tener algunas nociones sobre las características de los diferentes materiales ayuda a interpretar un dibujo de conjunto. Por ello se recogen a continuación algunas indicaciones generales sobre materiales. Las indicaciones son demasiado genéricas, y por tanto incorrectas cuando se refieren a un material concreto. Su único interés es servir como referencia a aquellos lectores que no tengan prácticamente ningún conocimiento sobre selección de materiales. Las indicaciones están resumidas en las tablas 1.4 a 1.8, que recogen las características de la mayoría de los materiales habitualmente empleados en diseños y proyectos de ingeniería.

Para estructurar las tablas se ha tenido en cuenta que existen dos formas básicas de clasificar los materiales: atendiendo a su naturaleza o composición química y atendiendo a sus propiedades. Una clasificación general se puede basar en la naturaleza, dado que ésta determina gran parte de las propiedades. Así, por ejemplo, se puede considerar que, con carácter general, las maderas tienen menor resistencia mecánica y menor resistencia al calor que los materiales metálicos. Atendiendo a

la naturaleza, se ha utilizado una clasificación que distingue entre metales, materiales cerámicos, maderas, polímeros y materiales compuestos.

Por su parte, las propiedades que hacen que un material sea útil para propósitos de diseño de productos son muy variadas, entre las más relevantes se pueden señalar:

- Comportamiento mecánico (peso específico, resistencia, elasticidad, dureza, fragilidad...).
- Características térmicas (conductividad o capacidad aislante, resistencia a altas temperaturas...).
- Comportamiento eléctrico (conductividad, capacidad aislante, prestaciones electromagnéticas).
- Facilidad de transformación (capacidad de conformación, moldeo y mecanización).
- Aspecto (textura, transparencia...).

Además, hay otros aspectos que pueden ser críticos, entre los que destaca el coste (disponibilidad, plazos de entrega, coste unitario, coste de manufactura, etcétera).

Existe una gran variedad de materiales *metálicos*, por lo que nos limitamos a reseñar los más habituales (hierro fundido, acero, cobre y aluminio, tabla 1.4). Con carácter general se puede considerar que poseen alta conductividad térmica y eléctrica y son relativamente dúctiles. Su resistencia mecánica también es mayor que la de los materiales no metálicos.

El *hierro fundido* es una aleación de hierro con alto contenido de carbono que se emplea ampliamente en la construcción de máquinas. Las piezas de hierro fundido son frágiles y tienen una resistencia mecánica no muy elevada. A cambio es un material que permite construir formas relativamente complejas por el procedimiento bastante sencillo de colada (o moldeo) consistente en fundir el metal y verterlo en un molde y que posteriormente puede acabarse mediante procedimientos de mecanizado, pero nunca de conformado.

El *acero* es una aleación de hierro con menor contenido de carbono que el hierro fundido, que puede contener cantidades significativas de otros elementos (tales como el cromo y el manganeso). Existe una gran variedad de aceros con diferentes propiedades, y gracias a sus elevadas prestaciones, se emplea en piezas de todo tipo de maquinaria, para construcción de obras civiles y en la fabricación de herramientas. Sus principales inconvenientes son su elevada densidad y el alto coste de fabricación debido a que para obtener formas complejas se deben emplear procesos de mecanizado.

El *cobre* y sus aleaciones presentan algunas propiedades que resultan útiles, tales como su resistencia a la corrosión, su alta conductividad eléctrica y su bajo coeficiente de fricción. Por tanto se emplean en tuberías, cables de conducción eléctrica, casquillos y cojinetes en partes de máquinas sometidas a fricción, etc. Existen diferentes aleaciones, entre las que destacan el *latón* y los *bronces*. El latón es una aleación de cobre, cinc y otros componentes, que tiene mayor resistencia mecánica que el cobre y es altamente maleable, por lo que se utiliza en trabajos de calderería. Se denomina bronce a cualquier otra aleación de cobre que no tenga al zinc como aleante principal, por tanto engloba a aleaciones que pueden ser muy diversas.

El *aluminio* en estado puro es blando, dúctil y no muy resistente. A cambio, es resistente a la corrosión y fácil de trabajar. También es ligero y tiene una conductividad eléctrica sólo superada por el cobre. En aleaciones, el aluminio conserva la ventaja de su poco peso (menor densidad que los aceros), pero aumenta su resistencia mecánica, de forma que la relación resistencia/peso es favorable al aluminio respecto al acero, aunque es desfavorable su comportamiento a fatiga y su resistencia al desgaste (es mas blando).

METALES			
CLASE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
HIERRO FUNDIDO	FUNDICIÓN GRIS FUNDICIÓN MALEABLE	Fácil moldeo. Resistencia mecánica media. Frágil.	Piezas de máquinas de grandes dimensiones y bajas prestaciones (bancadas, carcasas, etc.). Obtención de formas complejas con pocas operaciones.
ACERO	CONSTRUCCIÓN MÁQUINAS HERRAMIENTAS INOXIDABLES	Resistencia mecánica alta. Gran diversidad de métodos de conformación. Amplio rango de durezas. Dúctil.	Piezas de máquinas de elevadas prestaciones (ejes, ruedas dentadas, rodamientos, etc.). Herramientas. Estructuras metálicas y armado de estructuras de hormigón.
COBRE	LATÓN BRONCE	Bajo coeficiente de fricción. Buen conductor eléctrico. Resistencia mecánica media. Fácil de trabajar.	Piezas de máquinas de sometidas a fricción (casquillos y cojinetes). Componentes de mecanismos eléctricos. Calderería. Tuberías.
ALUMINIO		Resistente a la corrosión. Más ligero que otros metales. Elevada conductividad térmica. Fácil de trabajar.	Estructuras ligeras (chasis, carrocerías, fuselajes). Productos resistentes a la corrosión. Piezas de chapa con formas complejas.

Tabla 1.4 Clasificación y propiedades generales de los materiales metálicos habitualmente empleados en diseños y proyectos de ingeniería

A diferencia de los metales, las *cerámicas* son muy malos conductores, o, lo que es lo mismo, excelentes aislantes. En cuanto al comportamiento mecánico, son muy frágiles y sólo soportan esfuerzos de compresión (aunque con tratamientos especiales de eliminación de grietas, pueden alcanzar resistencias elevadas). A su favor destaca su dureza y su mayor ligereza.

Se puede distinguir (tabla 1.5) entre cerámicas *crystalinas* y cerámicas *vitreas* (como el vidrio común). Las cristalinas se dividen en tradicionales (como las arcillas y las porcelanas) y avanzadas (como la alúmina). Las piedras usadas en construcción (granito, mármol, etc.) también se pueden clasificar como materiales cerámicos, dado que comparten la misma naturaleza química y poseen propiedades semejantes. La diferencia obvia está en el hecho de que no se pueden modelar (sólo se pueden conformar por corte) y al ser materiales naturales no existe un proceso de obtención en el que se pueda actuar sobre sus características o sobre sus formas. Un caso especial de materiales pétreos lo constituyen el cemento, el yeso y la escayola, que consisten básicamente en diferentes tipos de piedra molida y tratada para que fragüe al mezclarse con agua y secarse, de forma que sí permiten moldear formas complejas.

La *madera* (tabla 1.6) es cualquier parte aprovechable del tronco, las ramas o las raíces de los árboles. La madera se puede utilizar en bloques macizos, en láminas y en chapas finas. Además, puede utilizarse, triturada, como materia prima para obtener celulosa (y por tanto el papel y todos sus derivados). En general la madera es barata, abundante, ligera, fácil de trabajar y con aspecto noble y agradable. Sus principales inconvenientes son que padece enfermedades al ser atacada por hongos e insectos, que arde con facilidad y que cambios de humedad y temperatura pueden hacerla evolucionar una vez fabricado el objeto. Por lo tanto es perecedera y no puede emplearse expuesta a la intemperie ni a altas temperaturas. En consecuencia, se utiliza en productos perecederos (como los embalajes) y en carpintería y decoración (donde está resguardada y el aspecto noble y agradable tiene gran importancia).

MATERIALES CERÁMICOS			
CLASE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES

CRISTALINOS	ARCILLAS PORCELANAS PIEDRAS CEMENTO CERÁMICAS AVANZADAS	De baratos y abundantes (los naturales) a caros. Aislantes térmicos, eléctricos y acústicos. Moldeables (excepto la piedra). Frágiles. De blandos a duros. Baja resistencia mecánica (sólo resisten compresión).	Revestimientos decorativos y/o refractarios. Recipientes resistentes al calor y baratos. Construcción de todo tipo de obras civiles. Abrasivos y herramientas de corte (las cerámicas avanzadas).
VITREOS	VIDRIO COMÚN VIDRIO DE SEGURIDAD VITROCERÁMICOS	Asépticos. Transparentes. Conformables. Frágiles y poco resistentes. Baja resistencia mecánica (sólo resisten compresión).	Todo tipo de cerramientos transparentes (ventanas, ventanillas). Recipientes asépticos y transparentes (utensilios de laboratorio). Instrumentos ópticos.

Tabla 1.5 Clasificación y propiedades generales de los materiales cerámicos habitualmente empleados en diseños y proyectos de ingeniería

MADERAS			
CLASE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
CONÍFERAS	ABETO PINO CEDRO	Baratas y abundantes. Ligeras. Poco resistentes. Fácil de trabajar. Aspecto agradable.	Papel. Embalajes (cajas, palets, etc.). Muebles rústicos. Estructuras provisionales (andamios, encofrados, etc.). Estructuras interiores (techos y pavimentos).
FRONDOSAS	ROBLE HAYA FRESNO NOGAL	Aspecto noble. Fácil de trabajar. De poco a bastante resistentes.	Muebles decorados. Puños y mangos de herramientas. Estructuras interiores (techos y pavimentos). Productos «nobles» (barcos de recreo, etc.).

Tabla 1.6 Clasificación y propiedades generales de las maderas habitualmente empleadas en diseños y proyectos de ingeniería

Los *polímeros* son aquellos materiales cuyos componentes están formados por sustancias orgánicas macromoleculares que se originan mediante transformación de productos naturales o por síntesis. Aunque existe una gran variedad de polímeros con características muy distintas entre ellos, en general se puede decir que los polímeros tienen peores propiedades mecánicas pero son más ligeros y fáciles de conformar que los materiales metálicos. La otra diferencia respecto a los materiales metálicos es su baja conductividad térmica y su mala o nula conductividad eléctrica. Por tanto, son buenos aislantes térmicos y excelentes aislantes eléctricos.

Existen tres tipos de polímeros (tabla 1.7): los termoplásticos (o simplemente plásticos), los termoestables y los elastómeros. Dado que el aspecto es muy semejante, se suelen denominar todos ellos como «plásticos». Sin embargo, difieren en algunas propiedades importantes. Los termoplásticos pasan del estado sólido al líquido al calentarlos (funden) y después del enfriamiento se endurecen de nuevo sin perder propiedades. Los plásticos de este tipo pueden utilizarse varias veces y los hay desde blandos hasta duros. Por su parte, los termoestables resisten altas temperatura y no funden al calentarlos, sino que se carbonizan, pero sólo pueden conformarse en el momento de la polimerización (curado). Son duros y frágiles. Los elastómeros tampoco funden y se encuentran en estado elástico a temperatura ambiente. La silicona es un ejemplo de elastómero artificial, aunque presenta peculiaridades (por estar basado en el silicio, en lugar del carbono) como la de ser más inerte, que lo hace útil en aplicaciones quirúrgicas. El caucho natural, que se obtiene del látex, y las

gomas, que son sustancias viscosas que fluyen de determinadas plantas, son ejemplos de elastómeros naturales. Su elasticidad y capacidad de amortiguación es la cualidad más apreciable para el diseñador.

Las espumas plásticas son todos aquellos materiales plásticos en los que se encuentra incluido un gas en forma de burbujas. En general, son materiales especialmente ligeros y con elevada capacidad de aislamiento. Además, dependiendo del porcentaje de burbujas y de su distribución, pueden tener un buen comportamiento elástico; lo que los hace útiles para aplicaciones que van desde los tapizados y colchones hasta las láminas para embalar.

POLÍMEROS			
CLASE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
TERMOPLÁSTICOS	AMORFOS: (poliestireno, policloruro de vinilo, etc.)	Moldeables (muchas veces). Ligeros. Aislantes térmicos, eléctricos y acústicos.	Tuberías. Recipientes y depósitos. Bolsas y sacos.
	PARCIALMENTE CRISTALINOS (polipropileno, polietileno, poliamida, etc.)	Inertes. Transparentes (los amorfos). De blandos a duros. Pueden hilarse.	Tejidos y cepillos (hilados). Carcasas de electrodomésticos. Juguetes. Mecanismos de bajas prestaciones.
TERMOESTABLES	RESINAS DE POLIESTER RESINAS FENÓLICAS (Bakelita) RESINAS MELAMÍNICAS (Rayllite)	Moldeables (una vez). Ligeros. Aislantes térmicos, eléctricos y acústicos. Inertes. Duros y frágiles.	Mecanismos eléctricos de altas prestaciones. Mangos de herramientas y útiles de cocina. Carcasas. Adhesivos.
ELASTÓMEROS	CAUCHOS GOMAS POLIURETANOS SILICONAS	Elásticos. Aislantes. Conformables. Impermeables.	Piezas elásticas (amortiguadores, topes, etc.). Juntas y retenes. Mangueras. Selladores.

Tabla 1.7 Clasificación y propiedades generales de los materiales plásticos habitualmente empleados en diseños y proyectos de ingeniería

Los *materiales compuestos* se obtienen por unión de dos o más materiales, por procedimientos mecánicos o metalúrgicos. Cada componente conserva su identidad y sus propiedades, sin embargo, la combinación dota al compuesto de propiedades que combinan los aspectos ventajosos de los componentes, por ejemplo resistencia y tenacidad. Existen tres tipos (tabla 1.8): los laminados o estratificados, los particulados y los reforzados con fibras.

Los compuestos *laminados* se obtienen disponiendo capas alternativas de diferentes materiales, que quedan unidas por algún procedimiento. El contrachapado de madera es el ejemplo más conocido. Al unir capas de madera dispuestas con diferente orientación de las vetas, se obtiene un producto que tiene mayor resistencia mecánica que las partes.

Los compuestos *particulados* se obtienen mezclando partículas discretas de uno o más materiales en una masa de otro material que actúa como aglutinante. El hormigón es el ejemplo clásico: el cemento es el aglutinante que contiene partículas de arena y grava.

Los compuestos *reforzados* con fibras son aquellos en los que uno o más materiales dispuestos en forma de fibra quedan embebidos en otro material que actúa como aglutinante. El hormigón armado es un ejemplo, en el que el hormigón (que es un compuesto particulado), actúa como aglutinante

del «tejido» de varillas de acero. Las resinas reforzadas con fibras de vidrio o fibras de carbono son los compuestos reforzados más conocidos.

MATERIALES COMPUESTOS			
CLASE	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
LAMINARES	CONTRACHAPADO	No conformables (láminas que sólo admiten corte). Prestaciones mecánicas altas pero anisótropas. Ligeros.	Paneles. Muebles.
PARTICULADOS	HORMIGÓN CONGLOMERADO DE MADERA	Abundantes. Fáciles de utilizar.	Obra civil (hormigón). Mobiliario (conglomerado de madera).
REFORZADOS	HORMIGÓN ARMADO PLÁSTICOS REFORZADOS CON FIBRAS (PRF) de carbono, de vidrio, de aramida (kevlar)	Difíciles de conformar. Altas prestaciones mecánicas. Caros y ligeros (los PRF).	Grandes estructuras. Estructuras ligeras y resistentes (cascos de barco, fuselaje de aviones, cuadros de bicicletas, etc.).

Tabla 1.8 Clasificación y propiedades generales de los materiales compuestos habitualmente empleados en diseños y proyectos de ingeniería

Para terminar, hay que destacar que existen algunas normas específicas de representación que se aplican a productos contruidos con un cierto material. Tal es el caso de UNE-EN ISO 6414:1995, que se aplica a todo tipo de objetos de vidrio (*glassware*) y, en particular a los utensilios de laboratorio. Para las obras de hormigón armado también existen normas específicas, tales como UNE-EN ISO 3766:2004 que establecen los símbolos para dibujar armaduras de hormigón.

Pese a que éstas son un mero caso particular de los principios generales, es conveniente conocerlas, ya que aportan soluciones convencionales estandarizadas que facilitan la ejecución y comprensión de los planos de productos hechos con estos materiales.

1.2.5 Organización e identificación de los dibujos

Todos los dibujos que sirven para definir completamente un producto, es decir, los dibujos de conjunto y detalle que componen toda la documentación que especifica completamente un producto, se pueden organizar de la forma que se considere más conveniente. No existen reglas fijas. No obstante, sí que existen algunas recomendaciones generales.

En cuanto a la *organización*, para productos simples la opción más elemental es utilizar un único dibujo para mostrar tanto la información de conjunto (modo de ensamblaje y funcionamiento), como la información de detalle (forma y dimensiones de todas las piezas). Un ejemplo de este tipo de dibujos se muestra en la figura 1.16.

En la figura se muestra un ejemplo de dibujo de conjunto que sirve simultáneamente para detallar la forma y dimensiones de cada una de las partes y el montaje del conjunto.

Se ha optado por una perspectiva parcialmente explotada para poder indicar la forma de montaje del conjunto.

Al mismo tiempo, se han introducido todas las aristas ocultas y cotas necesarias para definir cada una de las piezas que componen el conjunto. Esto ha sido posible gracias a que las piezas son relativamente sencillas y presentan planos de simetría. Además, dos de las piezas están repetidas, razón por la que se puede hacer una acotación que no sobrecarga el dibujo.

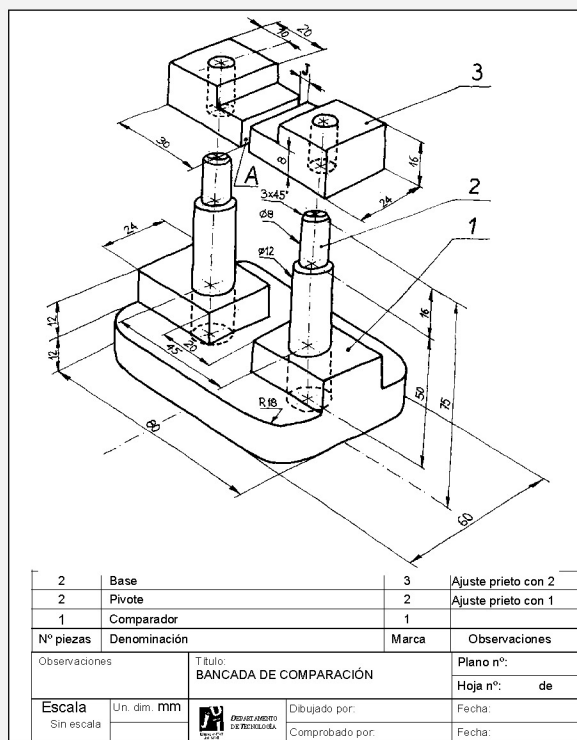


Figura 1.16 Dibujo de conjunto de una bancada de comparación, que contiene información de detalle de todas las piezas

Sin llegar a tales extremos de concentración, se puede agrupar en un mismo plano toda la información pero utilizando dibujos separados. Es decir, tanto el dibujo de conjunto como los dibujos de despiece. Esta forma de proceder es recomendable cuando el producto es relativamente simple y contiene piezas estandarizadas. En la figura 1.17, se muestra un plano de cimentación (conjunto) con los detalles (despiece) de cada una de las partes que lo componen (zapatas, vigas de atado, vigas centradoras y muro).

Otra alternativa es agrupar todos los dibujos de detalle en un único plano de despiece. Habitualmente, esta forma de proceder obliga a emplear formatos grandes, pero esto no supone necesariamente un inconveniente, dado que en ciertos puestos de trabajo es más cómodo manejar una sola hoja de grandes dimensiones que varias hojas más pequeñas.

Cuando se pone más de una pieza en el mismo plano, se debe prestar mucha atención a que queden claramente separadas. Recordando, en el momento de situar las vistas y los cortes, que se debe dejar sitio para la acotación y todo tipo de anotaciones. Además de dejar suficiente sitio entre la representación de diferentes piezas se pueden utilizar otras ayudas, tales como enmarcar todas las vistas de una misma pieza con una fina cuadrícula de líneas auxiliares. Pero se debe recordar que los huecos en blanco separan mejor que cualquier línea.

La forma de proceder más general es que el dibujo de conjunto se disponga en una hoja, y que cada una de las piezas se describa en una hoja independiente. En ese caso, la lista de componentes, o cajetín de despiece es un elemento importante en la organización de los planos del proyecto. No sólo es importante porque permite resumir mucha información de utilidad (tal como número de piezas, datos de piezas normalizadas, todo tipo de observaciones, etc.), sino porque sirve como índice del conjunto de planos, indicando la identificación de los planos que contienen los dibujos de detalle de cada uno de los componentes.

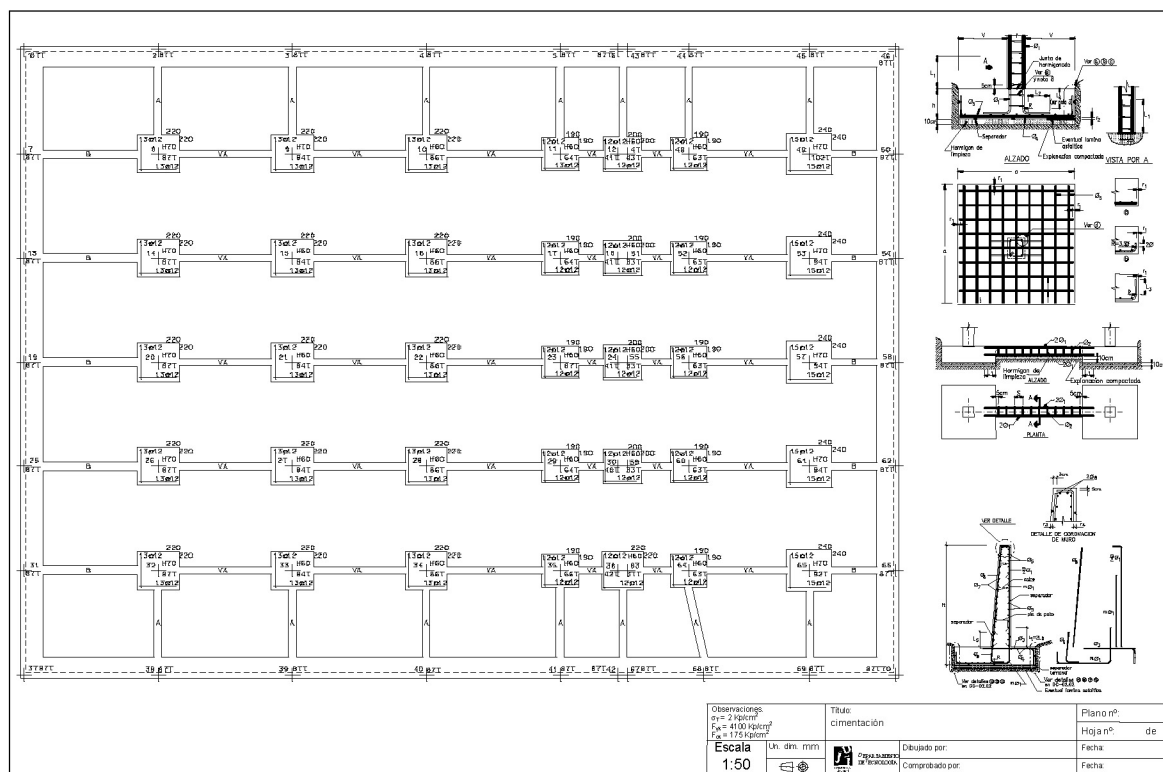


Figura 1.17 Plano de cimentación con detalles de zapatas, vigas de atado, vigas centradoras y muro

De hecho, la *identificación* de todas y cada una de las hojas o «planos» que componen la documentación es el otro aspecto a considerar. La identificación puede ser una sencilla numeración correlativa («hoja i de n»), o puede corresponder a una codificación más compleja que suele ser diferente para cada fabricante (véase la columna de «referencia» en el ejemplo de la figura 1.18). No obstante, lo más habitual es utilizar una codificación que indique el tipo de pieza, la «versión», o fecha de actualización, la familia de piezas, el conjunto al que pertenece, etcétera.

Otro aspecto importante de la identificación de los dibujos es la indicación de las *versiones*. En efecto, una vez finaliza el diseño y se comienza a fabricar el producto, los dibujos originales se guardan y se trabaja con copias. Pero, es habitual que el diseño sufra modificaciones a lo largo de su periodo de vida (para adaptarse a nuevas demandas del mercado, para corregir fallos que no se detectaron durante el diseño, etcétera). En tales casos, se debe generar una nueva versión de dibujo, identificando claramente cuáles son los cambios, quién los ha realizado, cuándo se ha producido el cambio y cualquier otra información que se considere relevante. Esta información se consigna en una «tabla de revisiones», que se suele situar junto al cuadro de rotulación. En dicha tabla se incluye la información relativa a:

- La referencia a la vista o al detalle que contiene la modificación (se suelen utilizar letras, que se indican igual que cualquier «detalle»).
- Una breve explicación de la modificación (que puede contener una referencia a la documentación detallada que explica dicha modificación).
- La identificación de la persona que ha llevado a cabo la modificación, y, en su caso, de quién ha hecho la supervisión.
- La fecha de la revisión.

Un ejemplo es el cajetín de revisiones que se muestra en la figura 1.19.

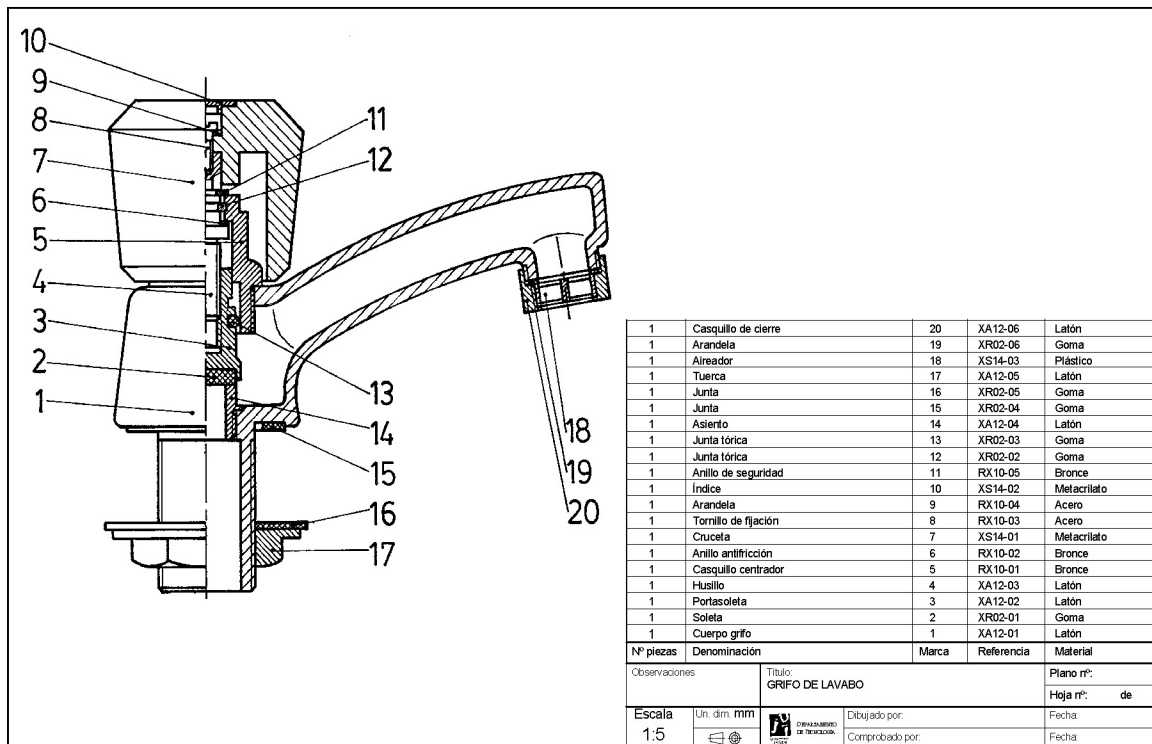


Figura 1.18 Dibujo de un grifo para lavabo que contiene el cajetín de despiece, con indicación de las referencias de los planos de detalle



2A	Reunión TC5 20/11/98	25/11/98	J. González
1B	Rectificación dimensiones deslizadera.	12/1/98	F. Rodríguez
1A	Cambio tornillos de apriete.	12/1/98	F. Rodríguez
Detalle	Descripción del cambio / Referencia	Fecha	Firma
Observaciones		Título: SOPORTE DESLIZANTE	
		Plano nº: RXA-25.1	
		Hoja nº: 2 de 5	
Escala 1:1	Un. dim. mm	Dibujado por: Fermín Rodríguez	
		Fecha: 3 / 11 / 1997	
	 D EPARTAMENTO DE T ECNOLOGÍA	Comprobado por: Anselmo Segura	
		Fecha: 5 / 11 / 1997	

Figura 1.19 Cajetín de revisiones en un dibujo de conjunto

1.2.6 Almacenamiento, recuperación y copia de los dibujos

Los dibujos de ingeniería se han creado tradicionalmente dibujando directamente sobre papel. Por esta razón los dibujos originales no se usan casi nunca, y se preservan para mantener en el mejor estado posible un archivo con la documentación original (denominado «prueba maestra» en UNE-EN ISO 11442). Además, los productos industriales son diseñados y fabricados con participación de mucha gente. Por tanto, las técnicas reprográficas son muy utilizadas para copiar los documentos originales y crear así todos los documentos de trabajo.

A lo largo del tiempo se han empleado diferentes técnicas reprográficas, siempre con el mismo objetivo de conseguir copias con la suficiente calidad al precio más barato posible. La técnica más habitual hoy en día es la fotocopia. Aunque se pueden citar técnicas hoy en desuso, como el *blue-print*, el «diaz» y las «sepias» que se siguen empleando ocasionalmente para los formatos de grandes dimensiones.

Las empresas almacenan la práctica totalidad de sus dibujos, porque éstos contienen la experiencia (o el «saber hacer») y porque son documentos que tienen importancia legal para resolver posibles conflictos durante toda la vida de los productos. Los dibujos se suelen almacenar en muebles específicos (tales como los archivadores de planos) y en lugares con un ambiente propicio. Aunque, para evitar problemas de degradación del papel, y cuando el volumen de los dibujos almacenados es muy grande, se recurre a tecnologías de almacenamiento más compacto y estable, tales como el microfilmado.

En la actualidad, la gran mayoría de los dibujos ya se crean, almacenan, recuperan y copian utilizando únicamente ordenadores. Los aspectos básicos de la seguridad en el diseño asistido por ordenador se tratan en la norma UNE-EN ISO 11442. Esta norma incluye recomendaciones sobre identificación de los programas y versiones empleados (para garantizar la legibilidad futura de los ficheros), criterios de realización de copias de seguridad, extensión del concepto de «pruebas maestras» a los dibujos realizados en CAD, definición de documentos «firma», etc.

Pero la sustitución completa de los archivos tradicionales por archivos electrónicos no se prevé tan inminente como podría parecer a simple vista, porque se debe tener muy presente que los dibujos de ingeniería son documentos que tienen validez legal, por lo que su sustitución por documentos intangibles no es sólo un problema de capacidad tecnológica o de relación entre calidad y coste, sino un problema legal que implica elaborar métodos fiables de autorizaciones, firmas y visados electrónicos.

Además, existen muchos conocimientos tecnológicos archivados en los dibujos de ingeniería tradicionales, los cuales contienen el «saber hacer» de muchas empresas. Por tanto, es impensable la desaparición de los dibujos en soporte papel hasta que los aspectos legales de la documentación electrónica estén resueltos y los archivos de las empresas estén informatizados.

1.2.7 Gestión de datos de producto

Existen aplicaciones informáticas especializadas en gestionar todos los datos de un proceso de diseño de producto, e incluso almacenar toda la información relacionada con todo el ciclo de vida del producto. Estas aplicaciones informáticas se denominan PDM (*Product Data Management*) y gestionan tanto los documentos electrónicos que contienen dibujos como otros documentos relacionados con el producto: documentos de texto que contienen especificaciones, hojas de cálculo que contienen análisis de costes, etc.

Algunas de estas aplicaciones son completamente independientes de los programas de dibujo, mientras que otras forman parte de aplicaciones más extensas que engloban todas las tareas. Además, hay aplicaciones relativamente simples, que son sólo válidas para empresas o proyectos modestos, y hay otras aplicaciones muy complejas que pueden gestionar proyectos grandes y muy complejos. Por tanto, la elección de la aplicación más apropiada a cada caso es un problema difícil que sobrepasa el alcance de esta obra.

Sin embargo, en los proyectos más sencillos puede ser suficiente utilizar las herramientas clásicas de gestión de ficheros incluidas en los sistemas operativos de los ordenadores (por ejemplo el «Explorador» de Windows). Para que estas herramientas sean útiles basta con seguir unos criterios elementales:

1. Organizar toda la información en carpetas de proyectos, sub-carpetas de sub-proyectos o fases, y ficheros con datos de las diferentes tareas. Para ayudar a determinar la estructura jerárquica más apropiada se puede consultar la parte 3 de la norma UNE-EN ISO 11442, que describe las diferentes fases de un proyecto.
2. Definir un criterio claro de asignación de nombres a los ficheros. El criterio no debe ser más complejo de lo necesario. Los criterios de asignación y clasificación recomendados están recogidos en la parte 4 de la norma UNE-EN ISO 11442.
3. Utilizar versiones para distinguir las diferentes modificaciones de cada documento. Las versiones son importantes para conocer la evolución del proyecto y poder analizar y corregir los fallos que se produzcan. Por tanto, ¡no se debe borrar información sobrescribiendo en versiones anteriores!
4. Identificar la fecha y el autor de cada versión para conocer los antecedentes y las consecuencias de cada decisión y poder consultar con la persona apropiada.

En los proyectos más complicados, o con participación de mucho personal, conviene, además, limitar el acceso a la documentación estableciendo unas reglas claras de personal autorizado y tareas permitidas. Este aspecto básico de la seguridad en el diseño asistido por ordenador se trata en la parte 1 de la norma UNE-EN ISO 11442.

Para terminar, debe notarse que las recomendaciones anteriores, y en general toda la norma UNE-EN ISO 11442 es también aplicable a la gestión de proyectos realizados sin ayuda del ordenador.

1.3 ELEMENTOS ESTANDARIZADOS

Los dibujos de diseño de productos poseen peculiaridades que hay que conocer. Especialmente las peculiaridades que conllevan la utilización de representaciones convencionales, que sólo pueden ser comprendidas por quienes conocen las reglas propias de la representación de un tipo particular de productos. Es decir, que es preciso conocer los elementos que tienen una representación peculiar para estar en condiciones de entender dibujos ajenos y realizar dibujos propios. Los elementos estandarizados son los que tienen representaciones peculiares más significativas. En efecto, es importante saber que hay elementos que están estandarizados, y en consecuencia se representan de un modo concreto, o incluso no se representan. Por tanto, van a ser objeto de estudio en este apartado. Vamos a distinguir entre *formas* estándar y *piezas* estándar. El ejemplo perfecto para entender la diferencia es la rosca, que es una forma estándar que puede estar contenida en una pieza estándar (tal como un tornillo o una tuerca) o en una pieza cualquiera (como el cuerpo de válvula de la figura 1.20).

Lo peculiar de las formas estándar es que suelen tener una representación simbólica que permite simplificar los dibujos sin menoscabo de la información que contienen. En la figura 1.20 se muestran roscas representadas sin simplificación (a la izquierda) y con simplificación (a la derecha).

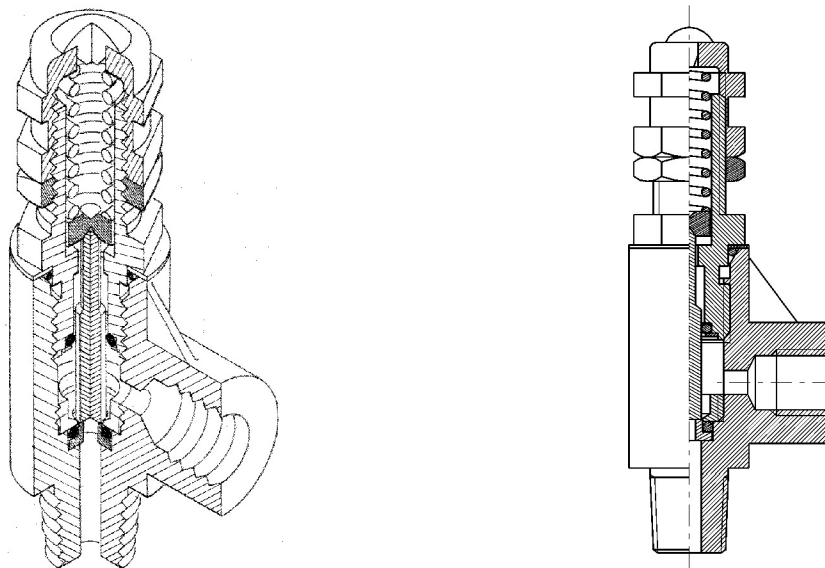


Figura 1.20 Representación normal (sin simplificación) y simbólica de una forma estándar (la rosca) con simplificación

Por su parte, las piezas estandarizadas tienen una gran importancia en el diseño de productos, porque abaratan costes (dado que se pueden comprar, y no requieren procedimientos de fabricación especiales), y porque garantizan el cumplimiento de determinados requisitos de comportamiento (resistencia mecánica, etc.), que el diseñador no tiene que volver a comprobar. Es decir, que las piezas estandarizadas aportan soluciones contrastadas y económicas para problemas muy diversos. Por ello es una norma general de buen diseño que se seleccionen tantas piezas estandarizadas como sea posible.

Como desventaja, las piezas estandarizadas tienen formas y dimensiones fijas que condicionan las formas geométricas del resto de piezas. Por ello, aunque sigue siendo conveniente utilizarlas, es deseable que se seleccionen pronto en el proceso de diseño, para que las restricciones que imponen no obliguen a reconsiderar el resto de partes o piezas del producto que ya pudieran estar definidas.

Un ejemplo que ilustra el empleo de piezas estandarizadas desde las fases iniciales del diseño es el boceto del soporte de sobremesa ajustable mostrado en la figura 1.21.

En la figura se muestra un boceto inicial de un soporte de sobremesa ajustable, que se pretende diseñar utilizando tantos elementos estandarizados como sea posible, a fin de abaratar el producto.

El diseño que se considera en el ejemplo utiliza tubo cuadrado estandarizado como elementos base para construir el pie y el brazo. También la mordaza se construye a partir de dos tramos de tubo soldados.

Para conseguir la regulación se emplean tornillos estandarizados, con cabeza moleteada (para poder manipularlos sin herramienta) que se roscan sobre tuercas estándar que se han soldado en los puntos convenientes.

La mordaza del pie es un subconjunto estandarizado por la propia empresa; que ésta fabrica por separado, dado que se emplea para otros productos que necesitan sujeción de sobremesa.

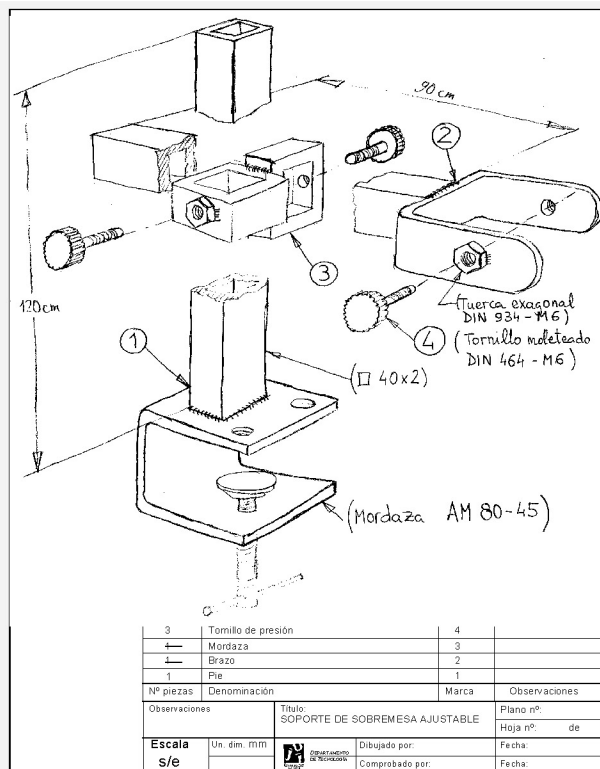


Figura 1.21 Boceto inicial de un soporte de sobremesa, en el que se muestra el empleo de elementos estandarizados

1.3.1 Representación de formas estandarizadas

Para simplificar la representación de formas estandarizadas se utilizan representaciones simbólicas. Las representaciones simbólicas simplifican la forma del elemento (el *cómo*), al tiempo que destacan *qué* elemento se ha representado y *dónde* está ese elemento. Esta forma de proceder no elimina información, porque todos aquellos aspectos de cómo es el elemento que no quedan reflejados en la representación simbólica se pueden añadir por medio de una representación de detalle, un cuadro leyenda o haciendo referencia a una norma en la que se describa el elemento en cuestión.

Históricamente, se ha procedido así porque es una práctica orientada a fabricación, dado que las formas estandarizadas se suelen fabricar mediante procedimientos específicos, y es oportuno que queden especificados por separado y utilizando los parámetros pertinentes. Pero hoy en día, la distinción adquiere mayor interés si cabe, porque es cada vez más frecuente que las aplicaciones informáticas de modelado (CAD 3D) dispongan de operaciones específicas para generar automáticamente dichas formas a partir de una geometría «de base». Son los denominados «elementos característicos». Por tanto, también es una buena práctica de diseño separar las formas estandarizadas de la geometría de base que las soporta.

Roscas

Las roscas son las partes macizas o «filetes» que resultan de tallar sobre la superficie de un cilindro circular recto (algunas veces un cono) unas ranuras (o «surcos») siguiendo un recorrido helicoidal

(figura 1.22). Existen diferentes variantes de roscas, en función de: a) los distintos perfiles de los surcos y los filetes y b) de las diferentes características de sus trayectorias helicoidales.

Las parejas de piezas con roscas complementarias (una exterior y otra interior que encajan) permiten uniones fijas resistentes y fáciles de montar y desmontar. Las roscas también permiten transmitir movimientos. En efecto, si se crea un filete sobre la superficie de un elemento cilíndrico de una pieza cilíndrica y otro complementario sobre un hueco cilíndrico de otra pieza, ambas piezas pueden unirse haciendo girar una respecto a otra en un sentido, y pueden separarse mediante el giro contrario. El movimiento de traslación se consigue si se impide el desplazamiento axial de una de las dos piezas mientras se rosca, entonces la otra pieza se verá obligada a desplazarse axialmente. Para que la unión sea efectiva, ambas formas roscadas deben encajar perfectamente. Por lo que el diámetro mayor del cilindro (entre crestas del filete) y el diámetro mayor del hueco cilíndrico (entre fondos de surco) deben ser iguales. Dicho diámetro se denomina nominal. Por tanto las roscas quedan determinadas por: a) el diámetro nominal, b) el perfil de filete y surco y c) la trayectoria helicoidal.

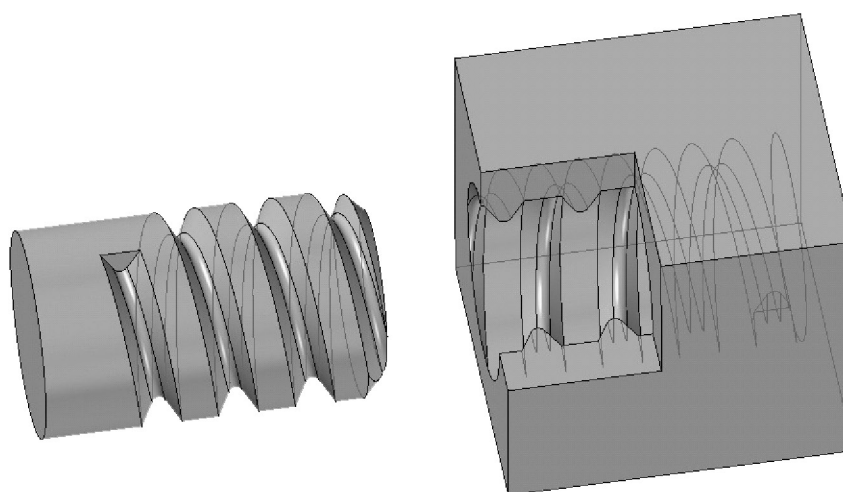


Figura 1.22 Forma de «surco» de la rosca

Las roscas se pueden representar de forma real (figura 1.23 izquierda) o simplificada (figura 1.23 centro), y las características de la rosca se pueden indicar por medio de un dibujo de detalle (figura 1.23 centro) o por medio de una referencia a una norma específica. En efecto, los tipos de roscas más habituales están definidos en normas específicas. Por ejemplo, las roscas tipo «métrico» se describen en la norma UNE 17701:2002 *Rosca métrica ISO para usos generales. Perfil básico* y UNE 17703:2004 *Rosca métrica ISO para usos generales. Selección de diámetros y pasos para tornillería*. En consecuencia, el detalle de cómo es la rosca se puede sustituir por una leyenda que haga referencia a la norma apropiada. En el caso de roscas tipo métrico, la leyenda genérica es un simple símbolo M que se antepone a la cifra de cota (figura 1.23 derecha). La norma DIN 202 de 1999 define hasta 30 símbolos para tipos de rosca distintos (trapezoidal, redonda, etc.), y en algunos casos, como en el de la rosca métrica, dicha norma contempla hasta doce ejemplos particulares de denominación, e incluye referencias a normas propias de diferentes campos de aplicación. La norma DIN 202 también incluye una tabla resumen de las principales correspondencias entre las normas ISO y DIN de elementos roscados.

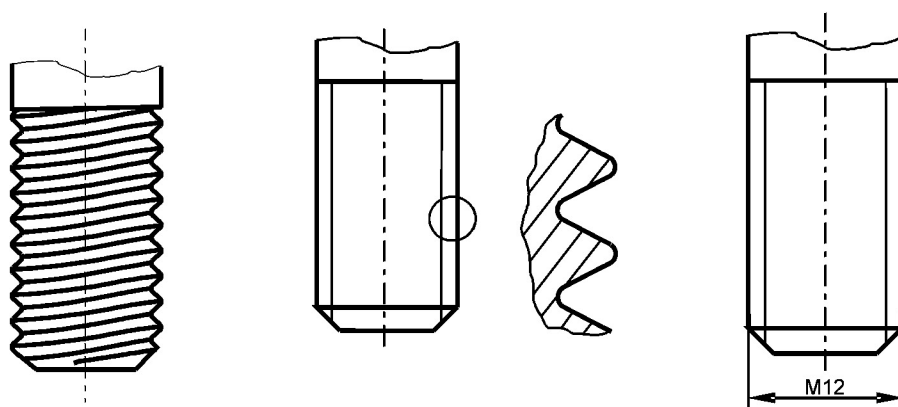


Figura 1.23 De izquierda a derecha: representación «real» de una rosca, representación simplificada con detalle, y representación simplificada con indicación del tipo de rosca por medio de un símbolo de cota

Tal como indica la norma UNE-EN ISO 6410-1:1996, para representar las roscas de manera simplificada o convencional, se dibuja una línea gruesa continua (tipo A) uniendo las crestas de los filetes, y una línea fina continua (tipo B) uniendo los fondos (figura 1.24). La separación entre ambas líneas debe ser *aproximadamente* la altura del filete; aunque hay que recordar que, según la norma de principios generales de representación, la separación mínima entre dos líneas paralelas no puede ser inferior a 0.7 mm ni al doble del espesor de la línea gruesa.

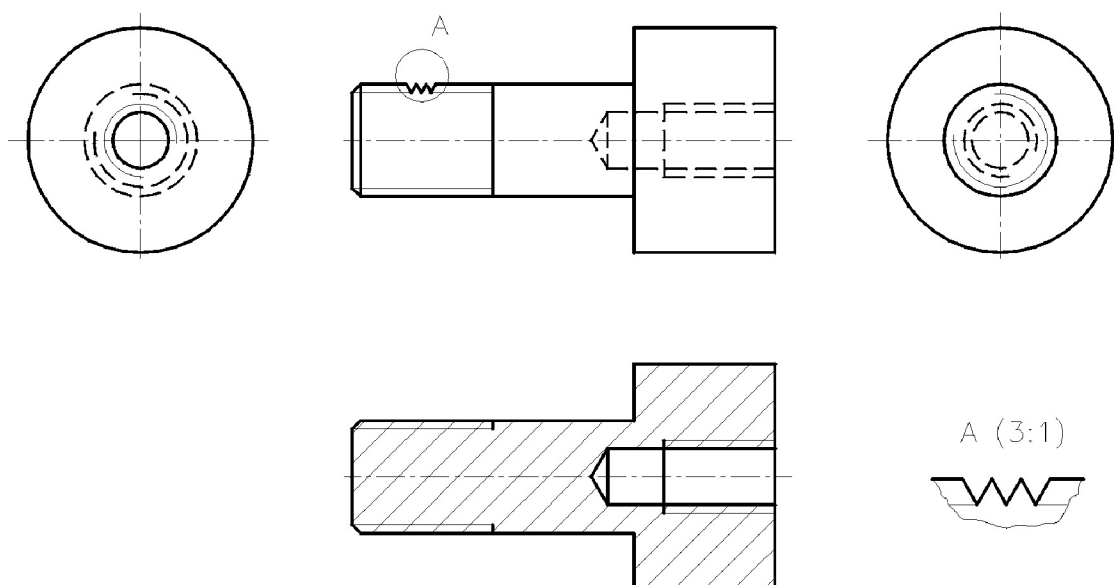


Figura 1.24 Representaciones simplificadas de roscas exteriores e interiores en vista y en corte

Tal como se muestra en el ejemplo de la figura 1.24, la norma considera tanto la representación de la rosca exterior (rosca macho), como la interior (rosca hembra), y se tienen en cuenta tanto las representaciones longitudinales como las transversales. Los aspectos más destacados de la representación simplificada o «convencional», son:

- En las representaciones transversales la rosca se representa con la línea fina incompleta, abarcando las tres cuartas partes de la circunferencia.

- En las representaciones longitudinales se incluye una línea tipo A para indicar el final de la zona roscada.
- Cuando se considera importante, se añaden sendos trazos finos para indicar la zona de «salida de rosca» (se trata de una zona que está tallada, pero con un perfil imperfecto que hace que no sea válida para roscar).
- Para facilitar el montaje, la zona de arranque de la rosca se suele achaflanar. Por ello, aunque el chaflán no forma parte del elemento roscado suele ir asociado con él.
- Cuando se representan las roscas en los dibujos de conjunto, la representación de los filetes de la rosca macho y la hembra no se superponen, sino que se hace predominar la representación de la rosca macho, ocultando la representación de la rosca hembra allí donde se superponen (figura 1.25).

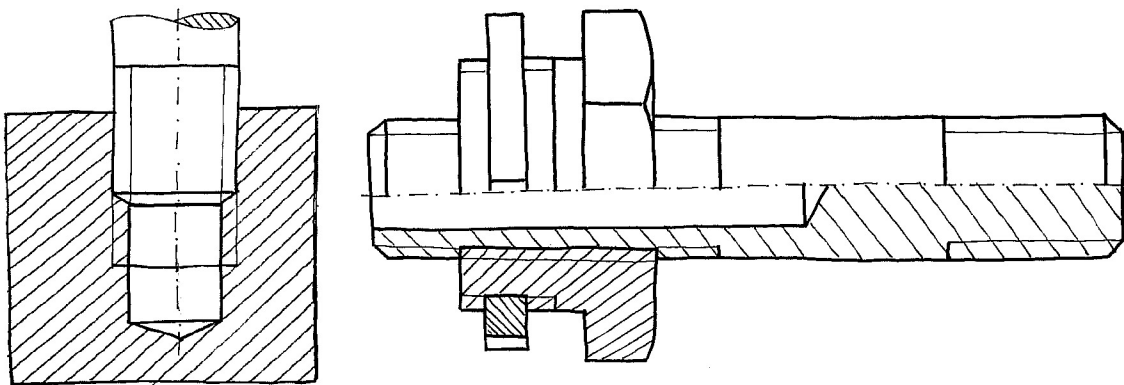


Figura 1.25 Elemento con rosca exterior parcialmente roscado sobre un agujero con rosca interior (izquierda) y conjunto formado por tres piezas con diferentes roscas (derecha)

La representación simplificada sólo revela que se trata de una rosca, determina *dónde* está la rosca, y muestra uno de los cuatro aspectos básicos de *cómo* es la rosca: si es interior o exterior. Para identificar el resto de aspectos de *cómo* es la rosca, cuando no se trate de una rosca normalizada, se debe utilizar un detalle o una leyenda que indique:

- La forma y el tamaño del filete.
- El paso del filete.
- El sentido de avance, que puede ser a derechas o a izquierdas (por defecto se considera que el avance es a derechas).
- El número de filetes, que por defecto es uno sólo.

Cabe señalar también que la norma ISO 6410 tiene tres partes. En concreto, la norma UNE-EN ISO 6410-1:1996 sobre «roscas y piezas roscadas» contiene los principios generales de representación de elementos roscados. Por el contrario, la norma UNE-EN ISO 6410-2:1996 sobre «insertos roscados» y la norma UNE-EN ISO 6410-3:1996 sobre «representación simplificada» no contienen indicaciones sobre la representación de las roscas, sino sobre criterios de representación de ciertas piezas estandarizadas que contienen roscas.

Dientes, acanalados y entallados

Los dientes (figura 1.26 izquierda) son los salientes que resultan al tallar ranuras sobre la superficie de una rueda. Sirven para que, al encajarlos sobre las ranuras de otra rueda dentada, el giro de una de ellas se transmita a la otra. El perfil de los dientes es complejo porque su geometría sirve para controlar el comportamiento mecánico de la transmisión de movimiento entre las dos ruedas.

Las acanaladuras (figura 1.26 derecha) son ranuras talladas en la superficie cilíndrica de los ejes. Junto con las ranuras complementarias que se tallan sobre el agujero de otra pieza, permite encajar dicha pieza sobre el eje y convertir a ambas piezas en un conjunto solidario frente al movimiento de rotación.

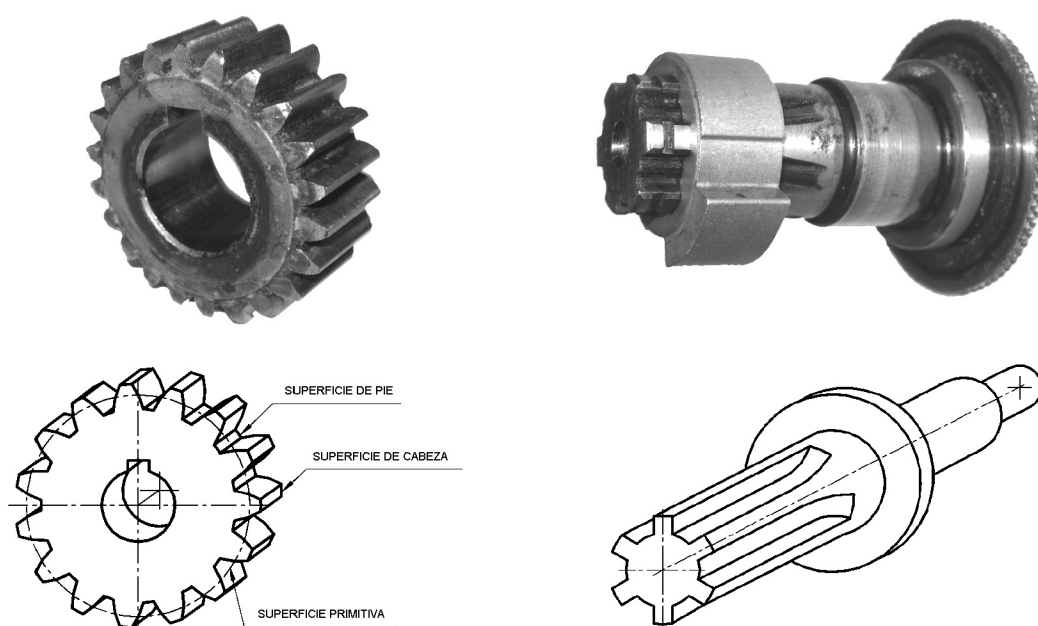


Figura 1.26 Dientes (izquierda) y acanalados (derecha)

Los dientes y acanaladuras siempre aparecen repetidos, dado que aislados no tienen utilidad práctica. En el caso de las acanaladuras, el número suele ser reducido y es viable la representación completa (figura 1.27 derecha), pero no así en el caso de los dentados (figura 1.27 izquierda). Por ello, tiene sentido emplear una representación simplificada propia de elementos repetitivos.

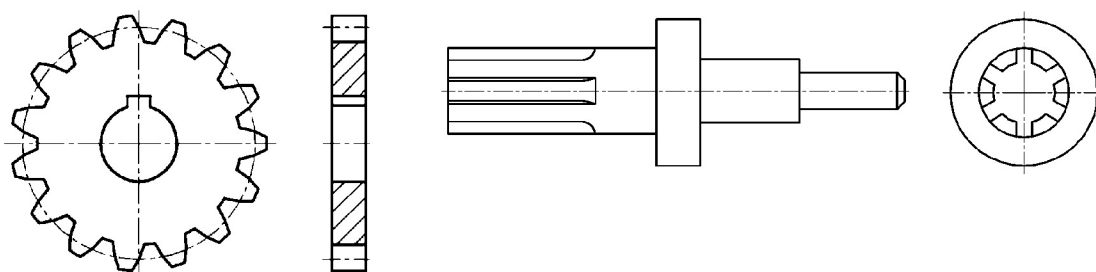


Figura 1.27 Representación real de dientes y acanalados

En la norma UNE-EN ISO 6413:1995 se indica la forma simplificada de representar acanaladuras. La norma se centra en el caso de uniones eje-cubo, pero puede ser fácilmente extrapolada a situa-

ciones más genéricas. Por su parte, para la representación de dientes de engranajes existen normas específicas (UNE-EN-ISO 2203:1998).

Básicamente, para indicar de una manera simplificada o «convencional» que la pieza contiene dientes o acanalados, se dibuja el elemento que los contiene tal como se vería sin ellos (véase la *superficie de cabeza* de la figura 1.28 izquierda), y se añade una línea fina continua (tipo B) indicando los fondos de los dientes o acanaladuras (las *superficies de pie*). En el caso de los dientes, también se puede emplear una línea tipo G para indicar la «superficie de contacto» o «superficie primitiva de funcionamiento» (se trata de una superficie teórica, contenida entre la superficie de pie y la superficie primitiva que se define en base a ciertos criterios mecánicos). En la figura 1.27 izquierda y en la figura 1.28 izquierda se ha marcado con línea de punto y trazo la superficie de contacto de la rueda dentada.

En algunos casos también es necesario indicar la posición exacta, en un plano axial, de los dientes o acanaladuras respecto al resto del objeto. Entonces, también se dibuja el perfil de uno o dos dientes o acanaladuras (figura 1.28 izquierda).

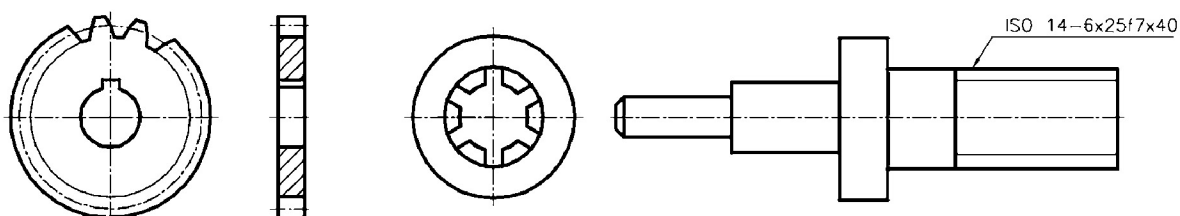


Figura 1.28 Representación convencional de dientes (izquierda) y acanalados (derecha)

Para indicar la forma de los dientes o acanalados y su número, se recurre a leyendas que se incluyen mediante flechas de referencia o cuadros leyenda adjuntos a la figura (por medio de la correspondiente referencia a las normas apropiadas) o bien dibujando y acotando uno de ellos. En el primer caso, la indicación se hace con una línea de referencia que contiene la indicación apropiada, o empleando algún símbolo predefinido (figura 1.28 derecha). En el segundo caso, la representación se puede hacer a la escala del dibujo, o en un detalle a mayor escala. Es importante recordar que si no se indican el perfil y el número de dientes o acanaladuras, la geometría del elemento queda indefinida.

Por último, es importante notar la distinción entre la representación en corte de cuerpos con dientes y acanaladuras (en la que no se raya la zona comprendida entre la línea de fondo y el contorno), de la representación de las roscas (en la que sí que se raya dicha zona).

1.3.2 Representación de piezas estandarizadas

Existe gran variedad de piezas estandarizadas: tornillos, tuercas, arandelas, juntas, son sólo algunas de las más habituales. La propia lista de normas relacionadas con piezas estandarizadas es muy amplia (especialmente en las normas alemanas DIN). Además, los fabricantes de piezas estandarizadas tienen sus propias codificaciones y dotan a sus productos de características peculiares, lo que aún incrementa más la variedad de la oferta comercial de dichos productos. Por tanto, es inútil y poco práctico intentar incluir aquí tanta y tan cambiante información. Es mejor remitir al lector a catálogos actualizados. Pero, para estar en condiciones de consultar catálogos (tanto los que están impresos en el tradicional formato de papel como los que están en soporte digital a través de Internet), sí que es importante conocer el vocabulario básico de las piezas estandarizadas. Además, para dibujar o interpretar planos que contienen piezas estandarizadas, hay que conocer los criterios más generales de cómo se representan e identifican. Por tanto, vamos a definir y explicar la forma y el uso de algunas de las piezas estandarizadas más habituales.

Veremos que hay tres formas diferentes de mostrar las piezas estandarizadas: a) las representaciones estandarizadas, b) las representaciones simplificadas y c) los símbolos y leyendas que sustituyen a veces las representaciones de las piezas estandarizadas por una referencia a un código de identificación o una leyenda explicativa. Las representaciones estandarizadas enseñan las vistas, cortes y cotas que se emplean habitualmente para definir tales piezas. Las representaciones simplificadas son símbolos o mezclas de vistas y símbolos que muestran la pieza estandarizada de forma más sintética (muestran *qué* es y *donde* está y simplifican el *cómo* es). Un ejemplo se muestra en la figura 1.9 (página 28). Por último, hay que recalcar que referenciar es complejo. Porque, aunque las referencias «comerciales» a las piezas estandarizadas que se compran a proveedores externos suelen ser conocidas y tácitamente aceptadas por todos, no están explícitamente normalizadas y pueden resultar confusas cuando se emplean fuera del contexto habitual. Por ello se aconseja emplear el código de identificación del proveedor, pero *conjuntamente* con las referencias a todas aquellas normas que puedan asegurar el nivel de calidad mínimo exigido a la pieza. En caso de duda, es conveniente añadir *además* una representación estandarizada, que contenga la información mínima necesaria para garantizar la selección y el uso de la pieza, omitiendo detalles particulares de su diseño que no afecten a su utilidad.

Tornillos

Los tornillos constan de una caña con forma cilíndrica y un tramo roscado con rosca exterior, y una cabeza más ancha que la caña. La cabeza tiene diferentes formas, pero siempre contiene facetas o acanaladuras apropiadas para poder apretar o soltar el tornillo haciéndolo girar mediante una herramienta. En algunos casos, el tornillo no tiene cabeza, y la herramienta actúa sobre algún tipo de ranura o hendidura de la misma caña (figura 1.29). Al igual que ocurre con la mayoría de elementos roscados, en los tornillos se suele achaflanar el extremo roscado de la caña, para facilitar el roscado.

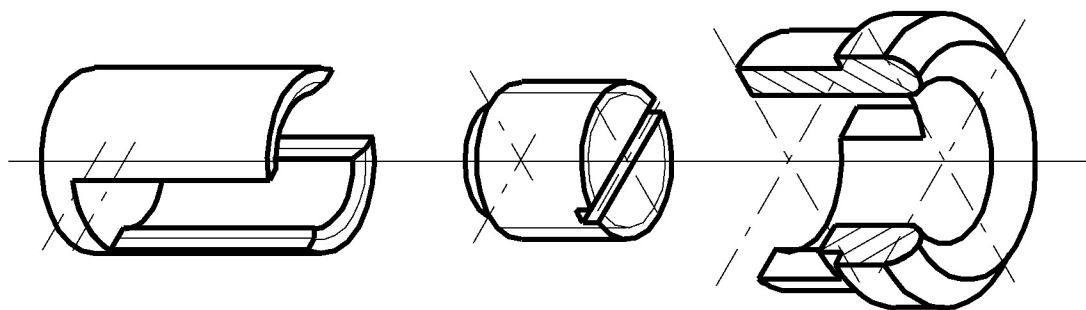


Figura 1.29 Subconjunto portafusible con tornillo prisionero con ranura (sin cabeza) en el centro

Los tornillos suelen representarse mediante su alzado (para ver la caña y la rosca) y planta (para ver los detalles de la cabeza). Aunque se puede representar la rosca real, lo habitual es representarla simplificada (figura 1.30).

Hay tres grupos de cotas: las de la cabeza, las de la caña y las de la rosca. Para la rosca nos remitimos al apartado correspondiente. Generalmente, las cotas de la caña son el diámetro (aunque a veces se omite por coincidir con el diámetro primitivo de la rosca), la longitud y las cotas del chafán (altura y ángulo). Las de la cabeza son muy variadas (figura 1.31). Cuando la cabeza es hexagonal, por ejemplo, se acota la altura, el diámetro primitivo (distancia entre vértices) y la distancia entre caras (que está correlacionada con el número de la llave para roscar). Los redondeos, como el de los vértices superiores de la cabeza hexagonal, no se suelen acotar. De hecho, la distancia entre caras es el parámetro independiente para el diseño de cabezas normalizadas según UNE 17029 o DIN 475, que contempla cabezas con dos, cuatro, seis y ocho caras.

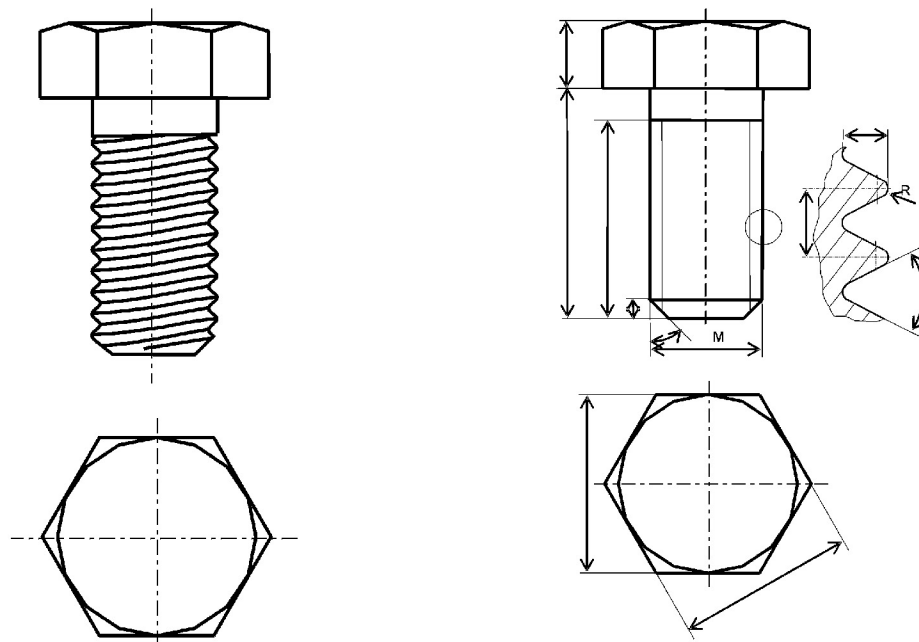


Figura 1.30 Representación real (izquierda) y simplificada (derecha) de un tornillo

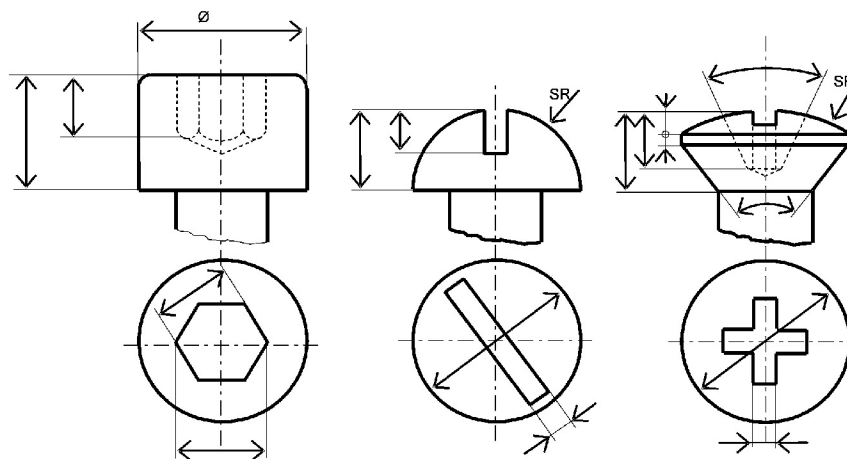


Figura 1.31 Diferentes tipos de cabezas de tornillos: cilíndrica con vaciado hexagonal Allen (izquierda), esférica ranurada (centro) y avellanada bombeada con ranura cruciforme Phillips (derecha)

Al clasificar los tornillos por la función que realizan, se distinguen tornillos de fijación y de bloqueo. Los tornillos de fijación se utilizan para inmovilizar o unir piezas que son ensartadas por la caña y presionadas por la cabeza. Los tornillos de bloqueo presionan, cuando están roscados, con la punta de la caña sobre el elemento que bloquean. Las puntas de los tornillos de bloqueo suelen tener formas particulares que deben quedar representadas mediante las vistas y los detalles necesarios. De acuerdo con el montaje, se distinguen los de montaje sobre piezas metálicas, los autorroscantes sobre chapa (por ejemplo, UNE 17006:1961) y los tirafondos para madera. Los primeros se roscan sobre una pieza que tiene rosca interior complementaria a la suya. Los autorroscantes y tirafondos tienen los filetes más afilados y espaciados que los de montaje sobre piezas metálicas porque se roscan sobre agujeros que no tienen rosca. También suelen tener afilada la punta de la caña (figura 1.32). Por último, los autoterrajantes (los que taladran el agujero en el momento de

roscar) tienen la punta en forma de broca, para facilitar la perforación del agujero, puesto que se atornillan sobre piezas (chapas finas de metal, o piezas de madera) que no tiene ni rosca ni tampoco agujero.

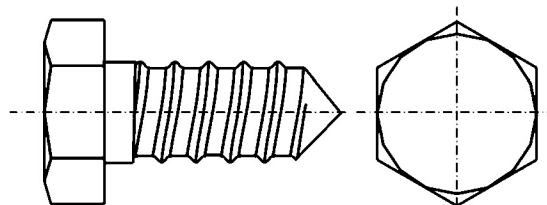


Figura 1.32 Tornillo rosca chapa DIN 7976

En algunos casos, los tornillos no se representan; en los dibujos de conjunto se indica su posición y forma de montaje mediante un signo (UNE-EN ISO 6410-3, UNE-EN ISO 5261:2000), y en lugar de dibujos de detalle se utiliza una leyenda que se pone en la lista de materiales y que especifica todas sus características. Por ejemplo, la leyenda «M25 x 40 DIN 960 mg 8.8» corresponde a un tornillo de rosca métrica de diámetro nominal 25 mm, cuyas características (como la forma de la cabeza, la resistencia mecánica que se le exige al material, etc.) vienen dadas por la referencia a la norma DIN 960.

Tuercas

Las tuercas constan de una cabeza (que, al igual que la de los tornillos, contiene facetas o acanaladuras apropiadas para poder girarla con una herramienta) y un agujero parcial o totalmente roscado con una rosca interior.

Las tuercas suelen representarse mediante su alzado en semivista-semicorte (para ver tanto la cabeza como la rosca) y planta (para ver los detalles de la cabeza). Aunque se puede representar la rosca real (figura 1.33 izquierda), lo habitual es representarla simplificada (figura 1.33 derecha).

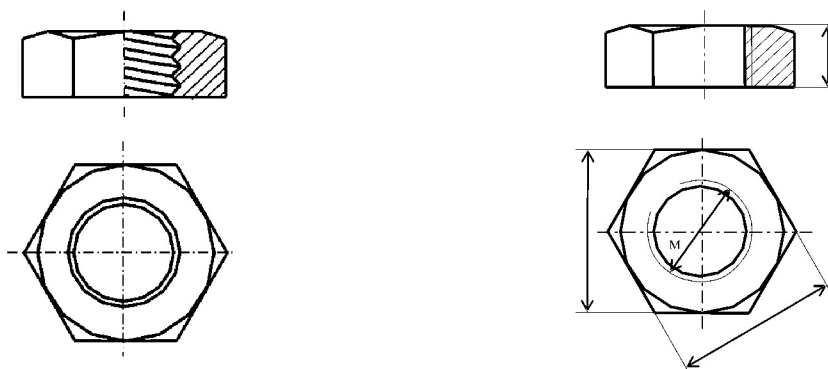


Figura 1.33 Representación real (izquierda) y simplificada (derecha) de una tuerca

Las tuercas son elementos de fijación. Se roscan sobre un elemento con rosca exterior (espárrago, tornillo, etc.) para inmovilizar las piezas que quedan ensartadas por el elemento con rosca exterior, y presionadas por la cabeza de ese elemento y la tuerca. Las tuercas también pueden actuar como elementos de regulación: se roscan hasta la posición deseada y actúan como tope para el movimiento de otras piezas o partes.

El subconjunto de fijación más común es el «perno», que se compone de un tornillo y una tuerca del mismo diámetro nominal (figura 1.34). Las piezas a ensamblar mediante pernos deben tener

agujeros no roscados de diámetro mayor que el de la caña del tornillo. La presión conjunta de la tuerca y la cabeza del tornillo inmoviliza a las piezas a ensamblar.

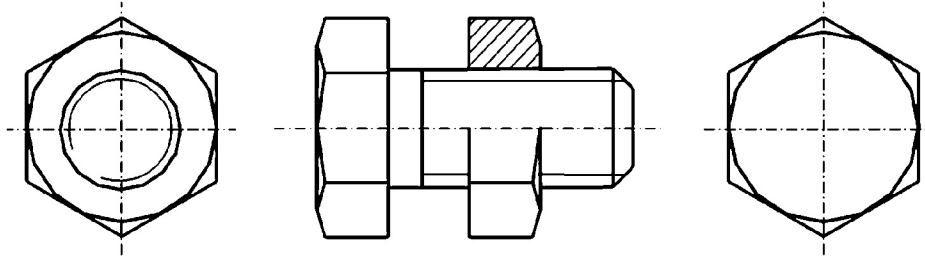


Figura 1.34 Perno

Arandelas

Las arandelas son discos agujereados (figura 1.35 izquierda), con diferentes espesores y formas de contorno (liso, estrellado, etc.). Sirven para mejorar el apoyo de las tuercas o las cabezas de los tornillos, para incrementar el rozamiento frente al giro e impedir que las uniones roscadas se aflojen (figura 1.35 derecha), para ajustar las separaciones en uniones roscadas demasiado largas, etc.



Figura 1.35 Arandela de apoyo (izquierda) y de inmovilización por compresión tipo Grower (derecha)

Las arandelas se representan con una semivista-semicorte para ver su forma exterior y su agujero. En el caso más simple, las cotas de diámetro completan la representación y no se requieren más vistas. Cuando la forma es más compleja, se añade la planta (figura 1.36).

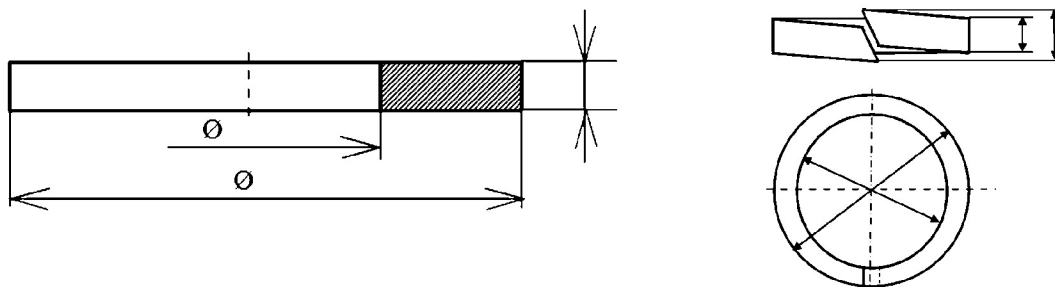


Figura 1.36 Representación de una arandela simple (izquierda) y otra más compleja (derecha)

Debido a que son pequeñas y se encajan en pequeños huecos o se intercalan entre otras piezas, es difícil distinguir las arandelas en los dibujos de conjunto, por lo que hay que buscarlas en los sitios donde el análisis funcional del ensamblaje indica que es probable que estén.

Las arandelas abiertas y elásticas son otro tipo de arandela, porque su función es diferente; de hecho, se suelen denominar *anillos*, en lugar de arandelas. Sirven para bloquear el desplazamiento axial de piezas montadas sobre ejes o agujeros cilíndricos. Para ello deben montarse en ranuras

exteriores o interiores (figura 1.37 izquierda). Algunas tienen unas «orejas» agujereadas, que permiten abrirlas y cerrarlas con ayuda de alicates apropiados. Si se tienen que dibujar, se representan por medio de dos vistas, indicando únicamente las cotas que afectan a su montaje (figura 1.37).

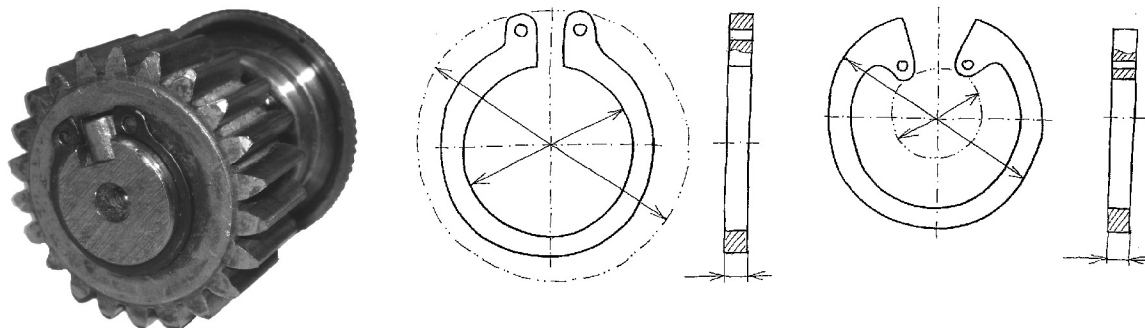


Figura 1.37 Arandela elástica exterior para bloquear una rueda dentada (izquierda), representación normalizada de arandela elástica exterior (centro) y representación normalizada de arandela elástica interior (derecha)

Juntas

Las juntas son piezas que se utilizan para “sellar” las zonas de contacto entre diferentes piezas. Su objetivo es cerrar cualquier ranura, poro, grieta o imperfección asegurando la estanqueidad. Por tanto, al igual que las arandelas, debemos buscarlas allí donde el análisis funcional del ensamblaje nos haga esperar que sea importante sellar (figura 1.38). Es más, la función, más que la forma, es la que determina si una pieza es arandela o junta.

En la figura se muestra un detalle del grifo mostrado en la figura 1.18.

La marca 12 corresponde a una junta de sección rectangular. Se observa que no es una arandela rígida, porque necesariamente debe ser elástica para poder encajar en el hueco en el que está representada.

La marca 13 corresponde a una junta de sección redonda, que también debe ser elástica para poder encajar en el hueco en el que está colocada.

El análisis del ensamblaje confirma que la acción conjunta de las juntas 12 y 13 actúa como barrera contra las fugas de agua por la parte superior del grifo.

Por último, la marca 15 podría ser una arandela, puesto que su colocación no exige que sea elástica, pero el análisis de la función que realiza nos lleva a la conclusión de que sirve para evitar que el agua que rebosa sobre la superficie del lavabo o fregadero pueda escurrir por el hueco en el que encaja la parte roscada del cuerpo de la válvula.

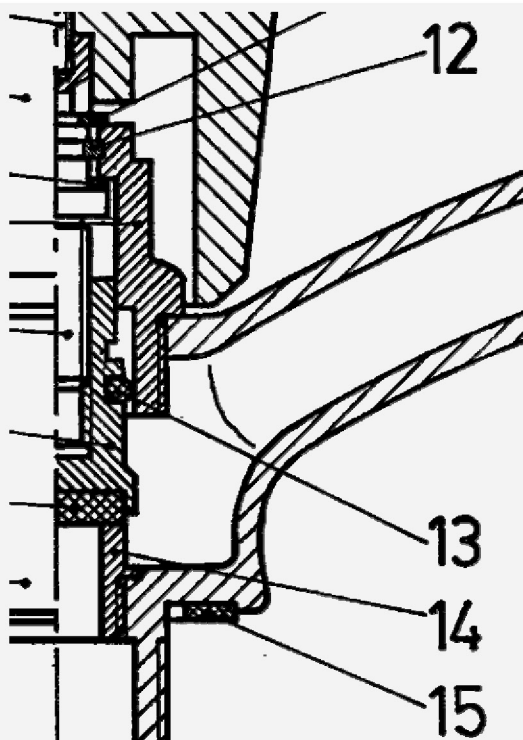


Figura 1.38 Detalle de algunas juntas (marcas 12, 13 y 15) del grifo de la figura 1.18

Las juntas más sencillas tienen la misma forma que las arandelas, pero están fabricadas de material blando y/o moldeable, que se deforma para adaptarse las imperfecciones de las superficies en las que se apoya (figura 1.39 izquierda). Para adaptarse a otras funciones toman formas específicas y más complejas, que incluyen desde las típicas juntas de carpintería para puertas y ventanas de edificios hasta las juntas que se aplican en puertas de coches, frigoríficos, etc. En general son cintas continuas que se obtienen por extrusión de un perfil. Para definir las se dibuja y acota su perfil (figura 1.39 derecha).

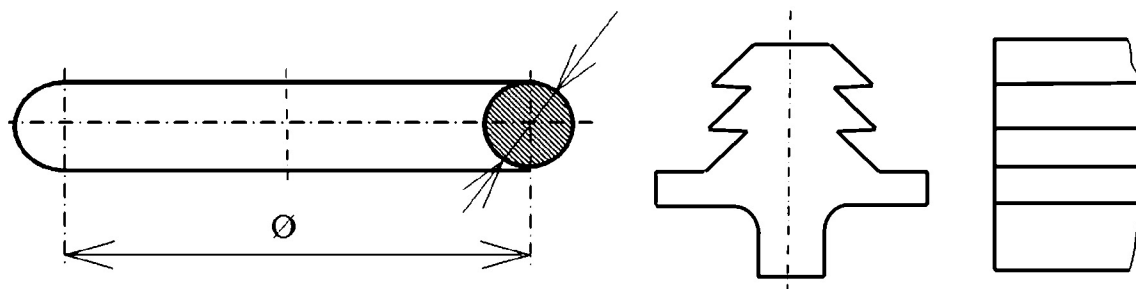


Figura 1.39 Representación de una junta tórica (izquierda) y otra longitudinal con perfil complejo (derecha)

Hay que tener en cuenta que en algunos casos, como por ejemplo las válvulas y otras piezas de instalaciones hidráulicas, es habitual emplear materiales moldeables en forma de pasta (arcilla), filamentos (estopa), cinta (teflón) o diferentes combinaciones de los anteriores, para sellar las uniones roscadas o las juntas entre piezas. Estos materiales se pueden emplear además de las juntas, o en lugar de ellas. En muchos casos, se añaden durante el montaje, pero no se especifican en los planos de diseño. En otros casos, aparecen también en los planos de diseño.

Por último, en las situaciones más difíciles se recurre a juntas formadas por subconjuntos de elementos que, en algunos casos, están normalizados. Algunos ejemplos son UNE-EN ISO 9222-1:1996 y UNE-EN ISO 9222-2:1996.

Resortes

Muelle o resorte es toda pieza colocada de manera que pueda utilizarse la fuerza «elástica» que hace al recobrar su forma natural después de haber sido deformada. Se puede consultar un vocabulario sobre resortes en UNE-EN ISO 2162-3:1997. No hay que confundir los resortes con piezas amorfas o «blandas», puesto que se comportan como piezas rígidas frente a todas las solicitaciones salvo la que les hacen comportarse elásticamente, y tienen una geometría más o menos compleja que debe ser diseñada y representada en cada caso. Su principio genérico es el de poder ser sometidos a esfuerzos exteriores que los deforman globalmente, de tal manera que la forma global del elemento cambia apreciablemente. La pieza no se rompe porque localmente se deforma poco, y no supera el límite elástico del material en ninguna parte. En consecuencia, tiende a recuperar su forma original al desaparecer la fuerza.

Se utilizan diferentes formas geométricas, que dependen tanto del material con el que se construye el resorte, como de las fuerzas a que debe estar sometido. Según la naturaleza de la fuerza exterior que hace que la pieza se comporte de forma elástica se distinguen varios tipos de resortes (figura 1.40). Un resorte puede adoptar diferentes formas geométricas para absorber los esfuerzos, dado que hay formas geométricas que se adaptan mejor a algún tipo particular de esfuerzos. Las dos formas más comunes son la de alambre en arrollamiento helicoidal y la de lámina plana o arqueada (figura 1.40).

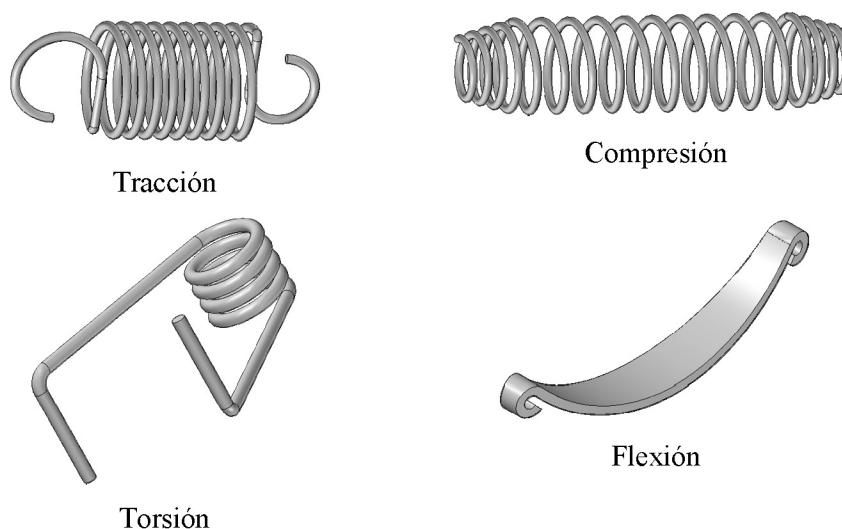


Figura 1.40 Representación de resortes de los cuatro tipos principales: tracción, compresión, torsión y flexión

La representación de los muelles está normalizada (UNE-EN ISO 2162-1:1997). La representación «real» de un muelle helicoidal que se muestra en la parte izquierda de la figura 1.41 (obsérvese que la proyección del helicoides da lugar a curvas sinusoidales) no se suele utilizar. Se simplifica a la forma «normal» que se muestra en la parte central de la figura 1.41 (se muestra tanto en vista como en corte). Pero, cuando la pieza se dibuja formando parte de un montaje complejo, se suele simplificar más aún con el fin de simplificar el dibujo e indicar con mayor claridad la presencia del muelle (figura 1.41 derecha).

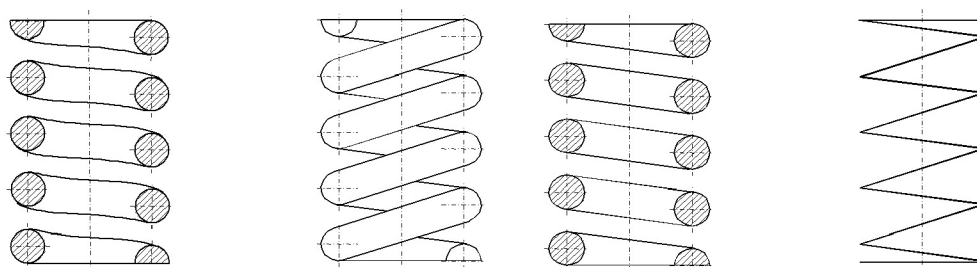


Figura 1.41 De izquierda a derecha, representación real, normalizada (sin cortar y cortada) y simbólica de un muelle helicoidal a compresión

Algunos parámetros característicos de los muelles pueden no quedar unívocamente definidos en una representación simplificada. En tales casos, la representación se complementa con una tabla de características. Algunas de las características más comunes son: sentido del arrollamiento a derecha o a izquierda, número total de espiras, número de espiras activas, etc. En la norma UNE-EN ISO 2162-2:1997 se pueden encontrar estos y otros datos técnicos de los resortes cilíndricos de compresión.

Los muelles helicoidales tienen una geometría peculiar, que hace que sea relativamente fácil identificarlos en un dibujo de conjunto (figura 1.42).

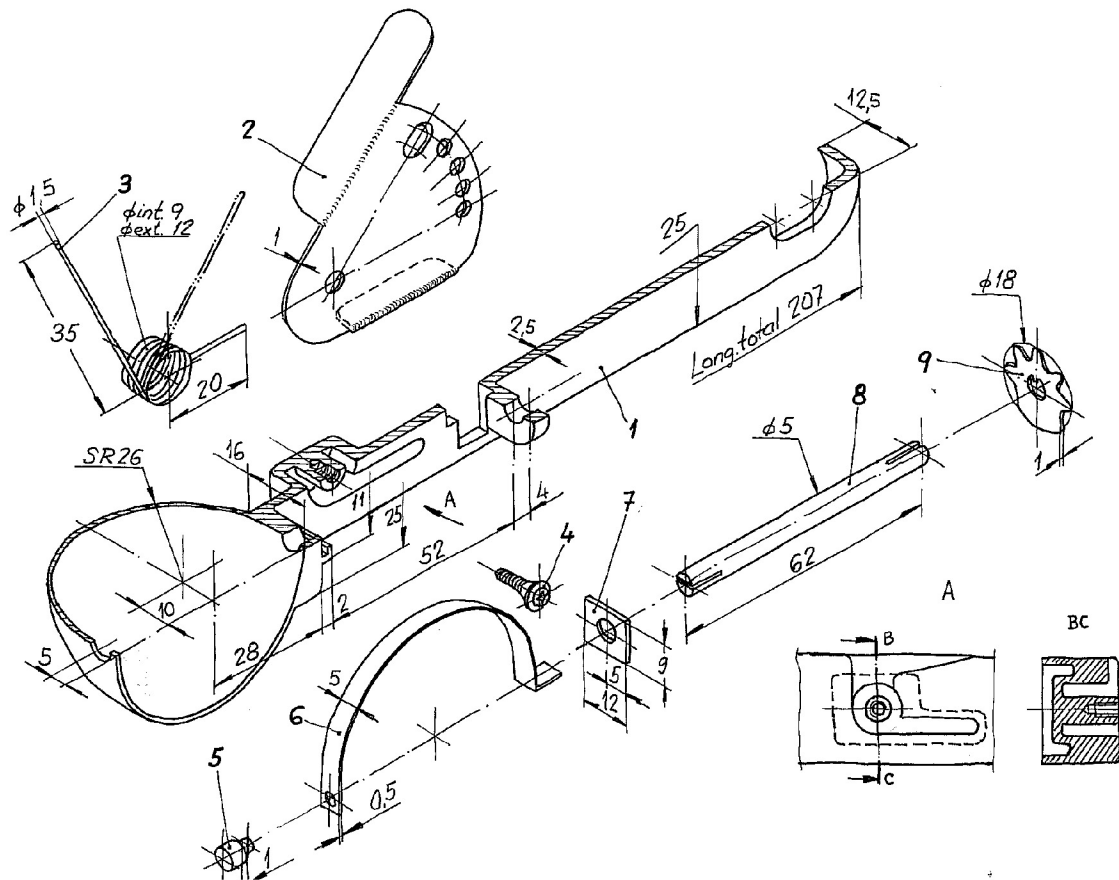


Figura 1.42 Representación de un resorte helicoidal de torsión (marca 3) en el dibujo de conjunto en explosión de un dispensador de bolas de helado

Los resortes de láminas son muy variados y su representación no está desarrollada en ninguna norma particular (con la excepción de las ballestas en UNE-EN ISO 2162-1:1997). Para dibujarlos se aplican los principios generales de representación. La geometría de los resortes de láminas es muy variada, por lo que no es fácil identificar una pieza como resorte de lámina si antes no se ha analizado el funcionamiento del mecanismo. En cualquier caso, muchos resortes de lámina se identifican porque, observamos la imposibilidad de montarlos en el caso de suponer que fueran piezas rígidas.

Por último, algunas piezas que realizan otras funciones, también actúan de forma semejante a los resortes (figura 1.43).

1.3.3 Representación de otras piezas características

Un tipo muy extendido de conjuntos o ensamblajes son aquellos en los que hay partes móviles. En tales conjuntos es muy frecuente que los movimientos de las diferentes partes móviles estén vinculados entre sí, en algunos casos mediante piezas que tienen formas y funciones muy características. Por lo tanto, conocer dichas piezas ayuda a entender más y mejor el funcionamiento de dichos ensamblajes. Además, algunos aspectos de la representación de tales piezas suelen estar estandarizados. En la figura 1.44 aparecen algunas de estas piezas características, que vamos a describir a continuación.

En la figura se muestra el conjunto de una jeringa para dispensar medicinas infantiles, que está compuesto por la pieza marca A (fuelle) y la pieza marca B (depósito). El montaje se realiza aprovechando la elasticidad del cuello inferior del fuelle, para ajustarlo sobre la boca superior del depósito.

La marca A es una pieza de plástico flexible que, gracias a la configuración de fuelle de sus paredes delgadas (ver detalle de la parte derecha del dibujo) puede succionar y expulsar líquido por la boquilla del depósito.

Se observa que tanto el conjunto, que es muy simple, como la definición detallada de las dos piezas que lo componen se hace mediante una única vista principal de conjunto (de tipo axonométrico) y una vista de detalle de la cabeza del fuelle.

En particular, se observa que la pieza elástica se ha dibujado en su posición de reposo, y aplicando los mismos principios que para cualquier pieza rígida.

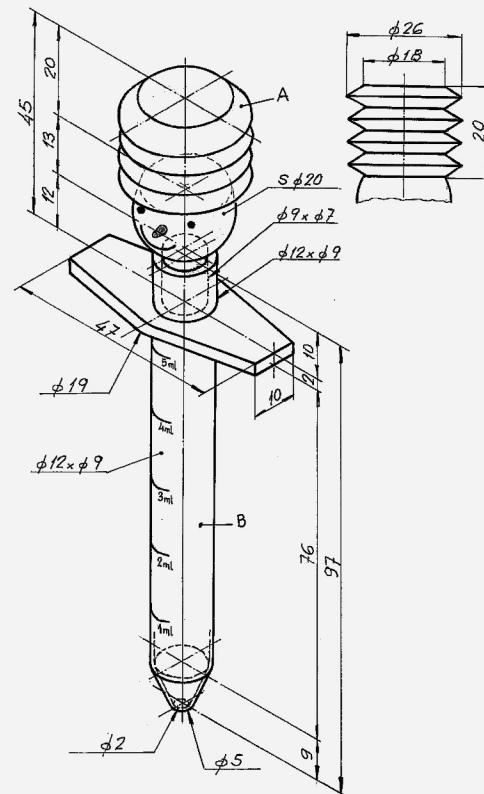


Figura 1.43 Representación de un elemento elástico en un dibujo de conjunto

En la figura se muestra un boceto del tren trasero de un coche de juguete tipo *slot*.

Las dos ruedas (formadas por sendas llantas, marca 2 y cubiertas, marca 3) encajan a presión en los extremos del eje (marca 1).

Previamente, sobre el eje se debe haber montado (también a presión) la corona (marca 5) y se han ensartado los dos cojinetes marca 4 (que quedan holgados sobre el eje).

Aunque no pertenece al subconjunto dibujado, en la figura se ha añadido la representación de parte del eje del motor con el piñón (marca 6) que engrana con la corona del eje trasero, para mostrar el engrane de ambas ruedas dentadas (5 y 6).

También se ha dibujado, con línea de trazo y doble punto, parte del chasis, para mostrar la forma en la que las gargantas exteriores de los cojinetes (marca 4) encajan en las pinzas de dicho chasis.

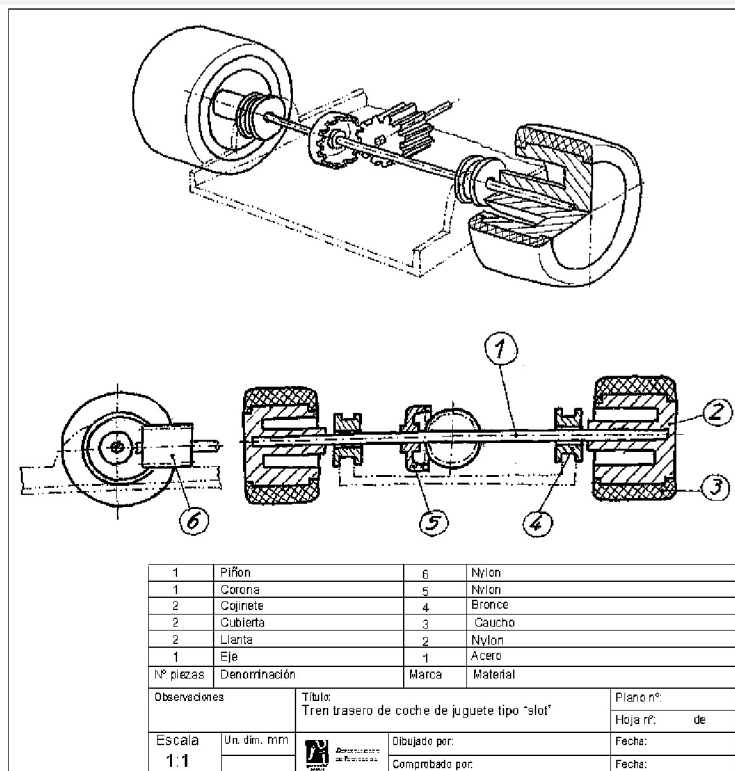


Figura 1.44 Subconjunto «tren trasero» de coche de juguete

Ejes y árboles

Los ejes y árboles son piezas con forma de cilindro alargado, es decir, cilindros en los que el diámetro es mucho menor que la altura. Se denominan árboles a aquellos ejes que transmiten potencia de giro y que en muchos casos llevan montados sobre ellos otros elementos como ruedas dentadas, poleas, etc.

En los dibujos de conjunto sin marcas no son fáciles de identificar, porque, al ser piezas generalmente macizas, no suelen rayarse (véase la marca 1 en la figura 1.44). Por tanto, es la presencia de las piezas que generalmente acompañan a un eje y la propia funcionalidad del ensamblaje lo que suele ayudar a identificarlos (por ejemplo si sabemos que hay piezas que giran, y que necesitan un eje para girar alrededor de él). En los dibujos de conjunto marcados, gracias a la marca sabemos que el eje existe, pero lo difícil es determinar qué forma tiene. Para ello, hay que notar que el eje tapa a otras piezas, impidiendo que se vean sus aristas de fondo. Por lo tanto, el análisis detallado de las aristas de fondo nos permite determinar en primera instancia la forma del eje. Comprobar que el eje se pueda montar, y que pueda realizar su función (si es que conocemos tal función), ayuda a determinar la forma completa del eje.

Hay ejes simples como el del subconjunto de la figura 1.44, que se muestra detallado en la parte izquierda de la figura 1.45. Pero, en la mayoría de los casos los ejes están escalonados, es decir, que presentan tramos cilíndricos de diferente diámetro, aunque casi siempre comparten el mismo eje geométrico. Un ejemplo típico se muestra en la parte derecha de la figura 1.45. Vemos que suelen representarse mediante una única vista, porque los símbolos de diámetro de las cotas completan la definición de su geometría. Las peculiaridades que pueden contener (ranuras, estrías, acanaladuras, chavetas, gargantas) se suelen mostrar mediante vistas de detalle o secciones complementarias.

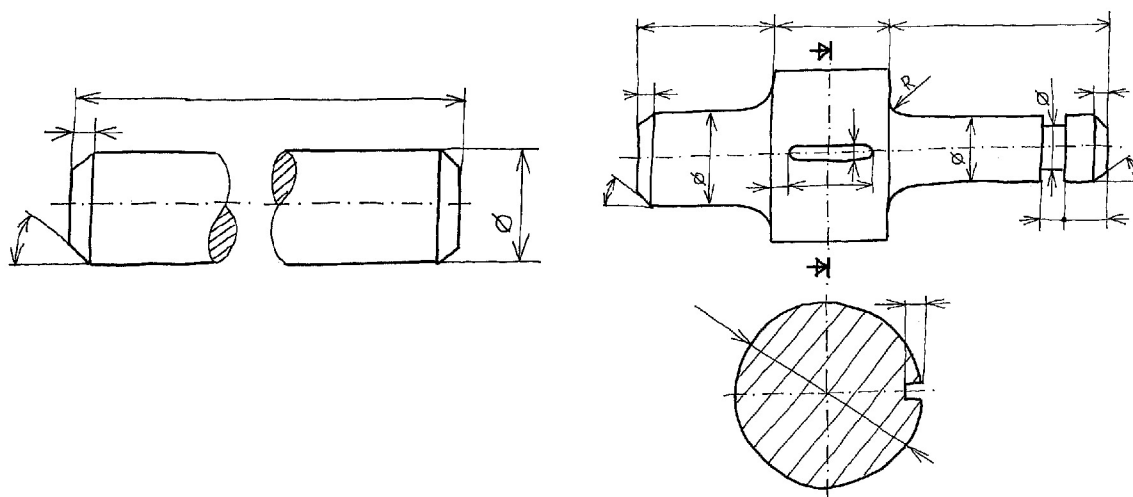


Figura 1.45 Eje simple (izquierda) y eje escalonado, con chavetero y garganta (derecha)

Ruedas

Las ruedas son cilindros cortos, es decir, cilindros en los que el diámetro es mayor que la altura y tienen un agujero cilíndrico concéntrico con la propia rueda (el «cubo»), en el que encaja un eje o árbol (marca 2 de la figura 1.44 y figura 1.46 izquierda). Las más grandes no suelen ser macizas. Suelen estar aligeradas en la zona central (el «plato») y reforzadas en el contorno (la «llanta»). Incluso, pueden estar formadas por dos anillos (exterior o «llanta» e interior o «cubo») unidos mediante brazos o radios. Por tanto, suelen representarse mediante una única vista en semivista-

semicorte (figura 1.46 derecha) o acompañada de una vista lateral (perfil o planta) (figura 1.47 izquierda).

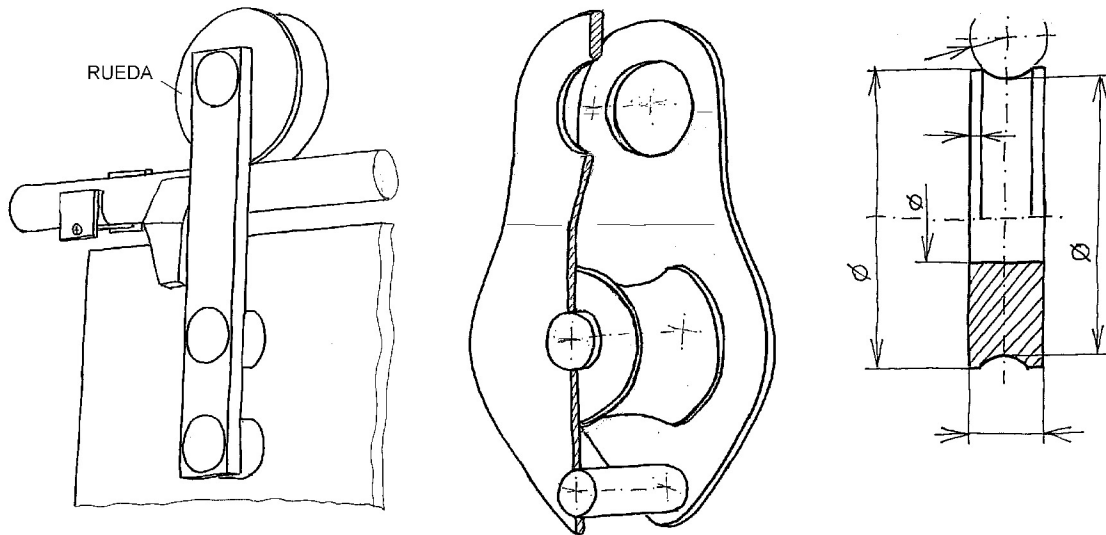


Figura 1.46 Detalle de rueda de puerta corredera (izquierda), polea autoh lubricante de escalada con placas laterales fijas (centro) y representación normalizada de una rueda (derecha)

Dependiendo de la función que realicen, las ruedas pueden denominarse de otras maneras: volante, cuando se giran con las manos; poleas, cuando forman parte de un mecanismo de transmisión de movimiento o multiplicación de la fuerza (figura 1.46 derecha), etc. En algunos casos, las ruedas transmiten el movimiento por contacto directo (fricción) entre ellas (figura 1.47 izquierda), mientras que en otros casos se utilizan correas lisas o dentadas como elementos intermedios de transmisión (figura 1.47 derecha). En ambos casos, la relación de velocidades angulares teóricas (relación de transmisión) coincide con la relación de diámetros.

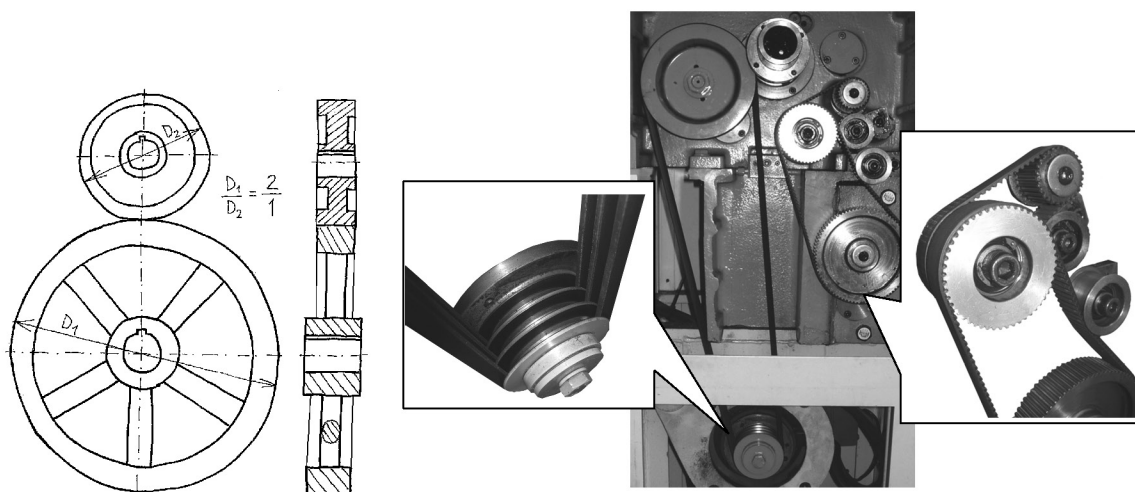


Figura 1.47 Ruedas con transmisión por contacto (izquierda) y por correas (derecha)

Chavetas

Las chavetas son piezas que se encajan entre la superficie cilíndrica de un eje y el agujero de una rueda para inmovilizar ambas piezas (figura 1.48).

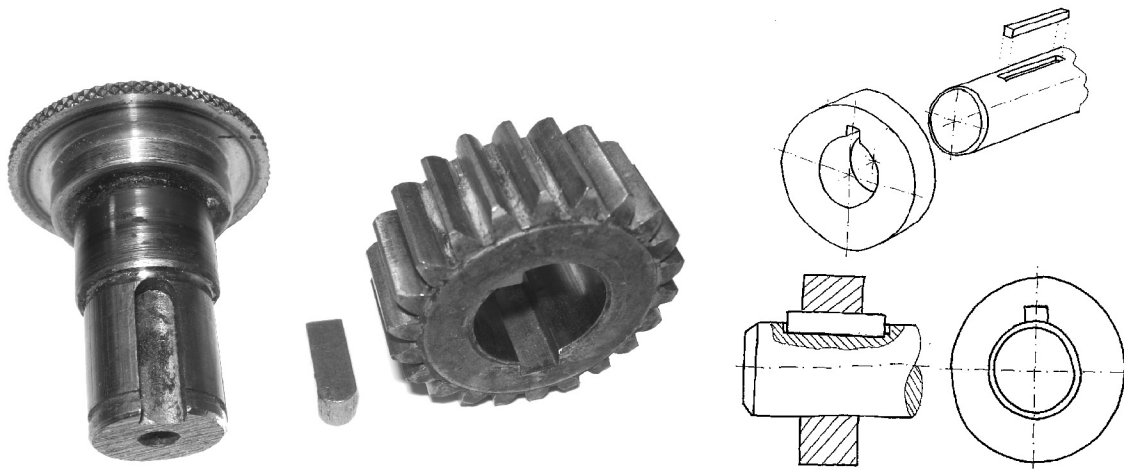


Figura 1.48 Subconjunto de eje, chaveta y rueda dentada desmontado (izquierda) y dibujo de eje, rueda y chaveta en explosión y montado (derecha)

En cuanto a su forma, las variedades más comunes de chavetas son las chavetas planas, que transmiten el movimiento entre el eje y la rueda por contacto con sus caras laterales (figura 1.49 izquierda). Tienen extremos rectos o redondeados. Para que las chavetas inmovilicen frente al desplazamiento axial, además de inmovilizar respecto al giro, se diseñan con forma de cuña de poca inclinación: 1:100 es una inclinación habitual (figura 1.49 centro). Estas chavetas suelen tener una cabeza que facilita su extracción. Tienen el inconveniente de que provocan una pequeña excentricidad entre el eje y la rueda. Para reducir la excentricidad, se pueden colocar dos chavetas apoyadas en sus respectivas caras inclinadas, de forma que las superficies de apoyo con las dos piezas a unir sean paralelas. También se usan las chavetas de media luna (tipo *woodruff*) porque se adaptan a diferentes conicidades en uniones eje-rueda de tipo cónico (figura 1.49 derecha).

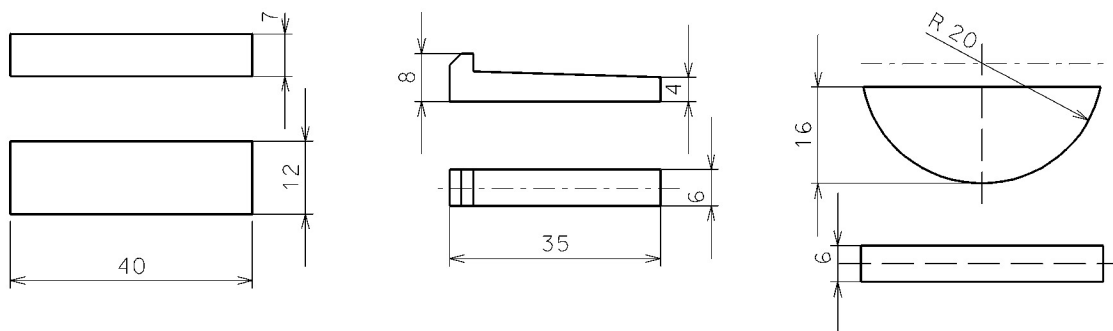


Figura 1.49 Chaveta plana (izquierda), en cuña (centro) y en media luna (derecha)

En cualquier caso, en las uniones enchavetadas, además de definir la chaveta, hay que definir los «chaveteros», que son las ranuras que se practican tanto en el eje como en la rueda para alojar a la chaveta. Esto se suele hacer bien en las vistas principales de definición del eje y la rueda, o bien en vistas de detalle específicas. No hay solución única, porque la colocación de chavetas y chaveteros depende del tipo de esfuerzos que deben transmitirse entre el eje y la rueda. El emplazamiento más

frecuente es el longitudinal, en el que tanto las dos piezas a unir como la chaveta comparten un plano principal de simetría (figura 1.50 izquierda). Pero hay otras disposiciones, como la tangencial, que es aquella en las que las chavetas se colocan por parejas y con su plano de simetría casi tangencial respecto al eje, para que cada una de las chavetas actúe frente a un sentido de giro (figura 1.50 derecha).

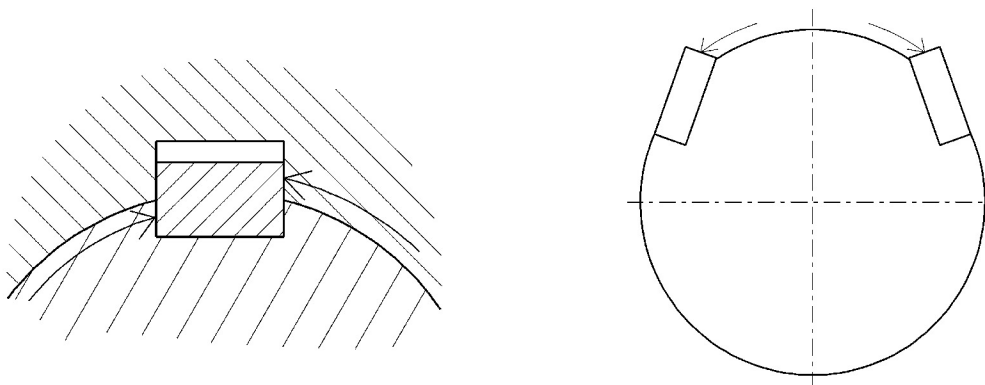


Figura 1.50 Chaveta longitudinal (izquierda), y chavetas tangenciales (derecha)

Pasadores

Los pasadores son piezas que se encajan en un agujero común a otras dos piezas, para inmovilizar a estas últimas. La forma más simple es una varilla cilíndrica. Para que encajen mejor pueden ser huecos y con una ranura, de modo que se introducen a presión en un agujero de diámetro menor al suyo. Otro tipo de pasadores que encajan a presión son los que tienen forma cónica (figura 1.51).

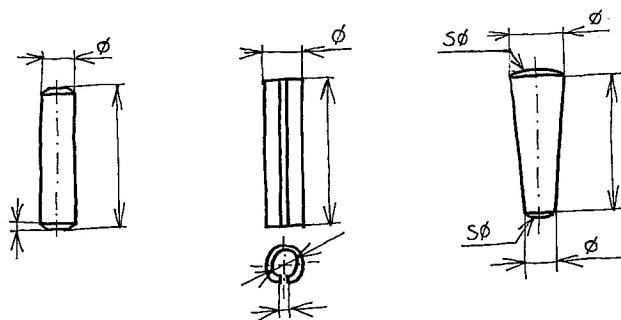


Figura 1.51 Pasador cilíndrico (izquierda), hueco (centro) y cónico (derecha)

Existen otras formas de pasadores, como los pasadores de aletas (figura 1.52, izquierda), cuyas puntas se doblan cuando están montados, y los elásticos, que se deforman para montarlos y se quedan en reposo cuando están montados (figura 1.52 centro). Ambos tipos de pasadores sirven para impedir que la pieza sobre la que están montados (generalmente de forma cilíndrica) pueda volver a salir por el agujero por el que ha entrado, porque las partes del pasador que sobresalen lo impiden. También existen pasadores de gran tamaño que no se limitan a sujetar otras piezas, sino que forman parte de un mecanismo que transmite fuerzas importantes (bulones). Estos pasadores necesitan otras piezas para sujetarlos, como las arandelas elásticas interiores que se colocarían en los extremos del bulón de la figura 1.52 derecha. A veces los bulones tienen partes roscadas y se sujetan mediante tuercas.

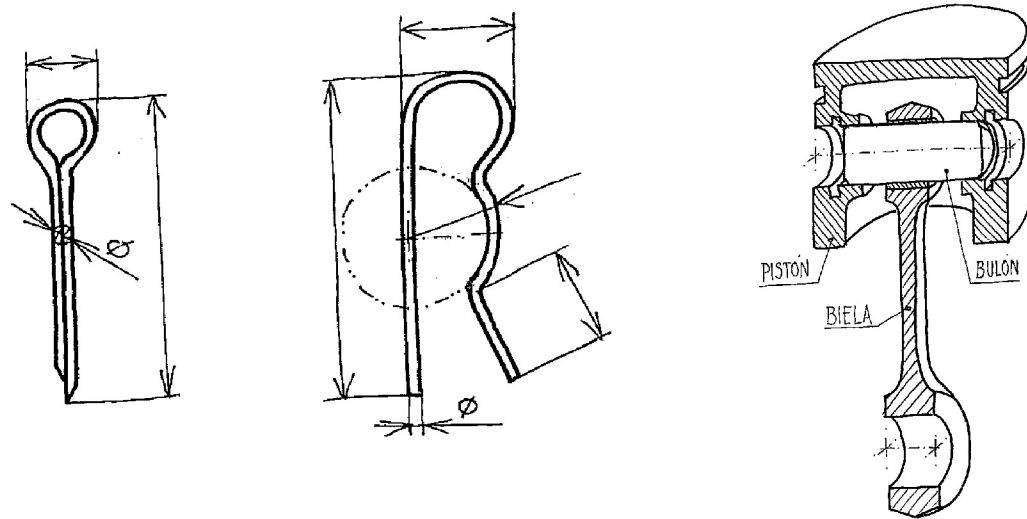


Figura 1.52 Pasador de aletas (izquierda), elástico (centro) y bulón de sujeción del pistón a la biela (derecha)

Engranajes

Los engranajes son conjuntos de ruedas dentadas que encajan entre sí, de forma que el movimiento de una rueda se transmite a otra cuyo contorno exterior está en contacto con el de la primera. El sucesivo encadenamiento de engranajes da lugar a trenes de engranajes que transmiten movimiento y modifican la relación de velocidades (figura 1.53).

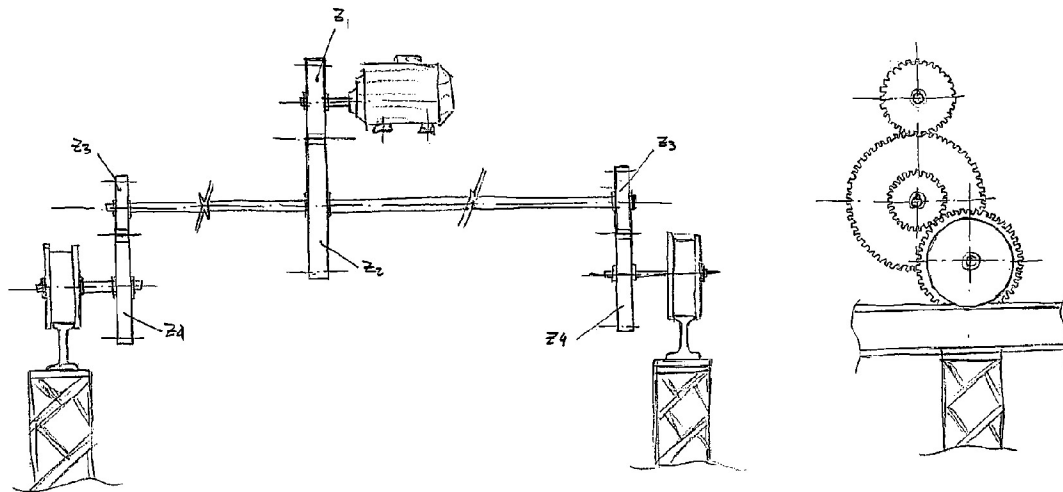


Figura 1.53 Esquema preliminar del tren de ruedas dentadas del sistema de tracción del carro de un puente grúa

Las superficies de contacto de las ruedas de los engranajes no son cilíndricas, sino que están dentadas para asegurar que el giro de una de las ruedas se transmite íntegramente (sin deslizamiento) a la otra. Pero, a efectos de calcular el giro, las dos ruedas engranadas se comportan como si fueran ruedas lisas girando sin deslizamiento relativo entre ellas. Las ruedas lisas *teóricas* equivalentes a las ruedas engranadas tienen diámetros intermedios entre las correspondientes superficies de cabeza

y de fondo de los dientes. Dichos diámetros se denominan diámetros primitivos. Son importantes a efectos del comportamiento mecánico de cada rueda, por lo que se representan mediante líneas de punto y trazo (figura 1.54). También son importantes durante el diseño conceptual, porque permiten al diseñador resolver la geometría básica del engranaje y posponer para la fase de detalle el diseño de los dientes. Lo mismo ocurre cuando se hacen modelos tridimensionales con ayuda de aplicaciones CAD, porque en muchas de ellas los dientes se pueden añadir posteriormente a la superficie primitiva, utilizando operaciones de «tallado de la superficie primitiva» predefinidas en el menú.

La relación de velocidades o relación de transmisión coincide con la relación de diámetros primitivos. Por otra parte, para que los sucesivos dientes de ambas ruedas engranen sin solución de continuidad, la relación entre el diámetro primitivo y el número de dientes de ambas ruedas debe ser igual. A dicho cociente se le denomina módulo. Por tanto, en dos ruedas del mismo módulo, la relación de transmisión es igual a la relación entre diámetros primitivos, que es igual a la relación entre número de dientes de ambas ruedas (figura 1.54 izquierda).

Por último, para garantizar el mejor funcionamiento del engranaje, la geometría de los dientes tiene que asegurar que los dientes que engranan mantengan el contacto durante el giro, y que la fuerza que se transmite de uno a otro no cambie bruscamente ni de dirección ni de módulo (figura 1.54 derecha). Esto se consigue sólo con perfiles de geometrías muy concretas: envolvente de circunferencia, perfiles cicloidales, etc. Por tanto, en la representación de las ruedas dentadas es fundamental la definición del perfil de los dientes. En consecuencia, debe haber o bien una vista en detalle del perfil de un diente, o bien una referencia explícita a la norma que indique la forma concreta de dichos dientes (lo que se suele denominar «tipo de cremallera»).

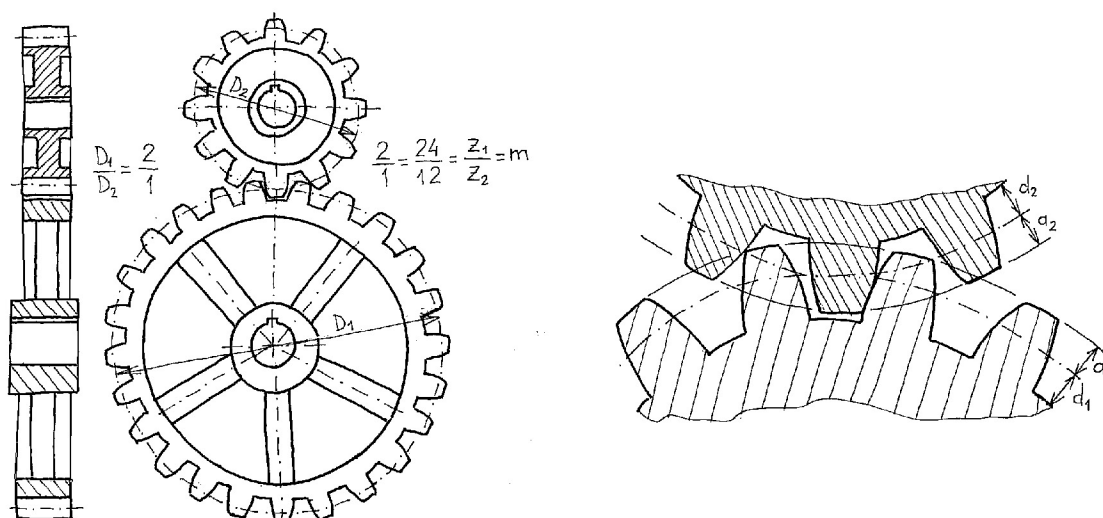


Figura 1.54 Engranaje de dos ruedas dentadas (izquierda) con detalle del contacto entre dientes (derecha)

En definitiva, la representación de las ruedas dentadas de un engranaje debe contener las vistas, cortes y cotas necesarias para definir la rueda primitiva y las características de los dientes, y debe completarse con un cuadro leyenda en el que se haga constar el número de dientes, el módulo y el tipo de cremallera. El cuadro leyenda puede ampliarse para contener otros datos, pero también puede verse reducido sólo al número de dientes, tal como ocurre en el diseño preliminar del sistema de tracción del carro de un puente grúa que se muestra en la figura 1.53, en la que se ha prescindido por completo del cuadro, indicando en número de dientes por medio de una referencia. El resto de

elementos de una rueda dentada (brazos, cubo, chavetero, etc.) se definen igual que en una rueda no dentada.

Tanto para diseñar uniones engranadas, como para entender dibujos de mecanismos que contienen engranajes, es fundamental distinguir la posición relativa de los ejes de las dos ruedas que engranan, porque condicionan tanto la geometría de las propias ruedas, como la geometría de todo el conjunto (figura 1.55).

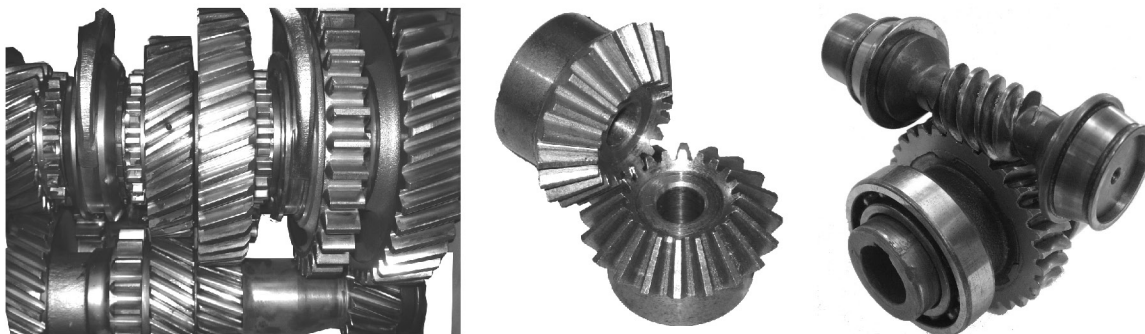


Figura 1.55 Engranajes de ejes paralelos (izquierda) concurrentes (centro) y cruzados (derecha)

Las representaciones normalizadas de las ruedas dentadas aisladas ya se han considerado en el apartado anterior. Ahora sólo es necesario indicar que cuando se dibujan las ruedas dentadas montadas, es decir, engranadas, se aplica el criterio general de partes vistas y ocultas: la pieza que está delante tapa a la que está detrás (figura 1.56 izquierda). La excepción propia de éste caso es que cuando la única parte de superposición de las dos piezas son los dientes, entonces no hay un criterio claro de «delante y detrás», por lo que se puede optar por considerar que los dientes de una cualquiera de las dos piezas tapan arbitrariamente a los de la otra (figura 1.56 derecha), o por dibujar superpuestas ambas piezas sin que se tapen mutuamente. La norma UNE-EN-ISO 2203:1998 aconseja el dibujo superpuesto cuando los dientes se representan simplificados y las vistas no están cortadas, y aconseja que un diente tape a otro en el resto de casos.

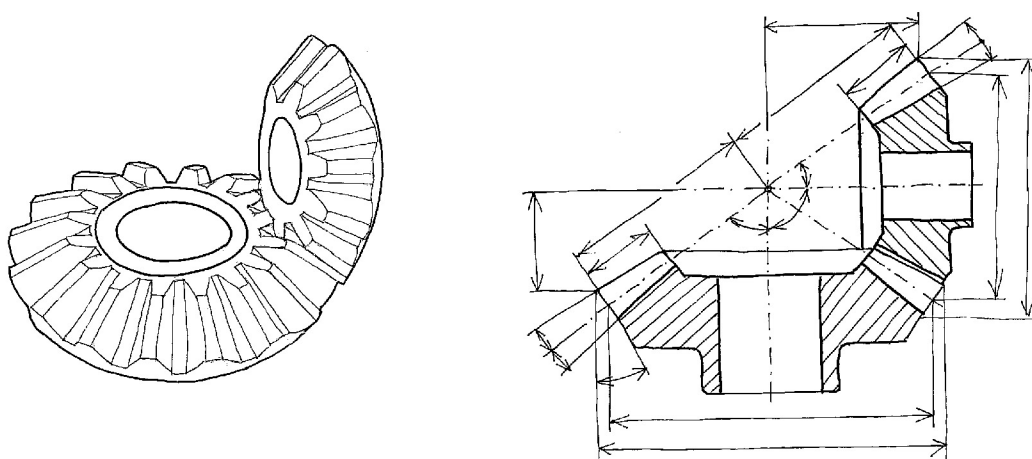


Figura 1.56 Engranajes de ejes concurrentes (izquierda) y su representación normalizada (derecha)

Los cojinetes de bolas eliminan casi completamente el rozamiento, pero son difíciles de montar y mantener. Por tanto, cuando el peso del conjunto no es tan crítico como en el ejemplo de la rueda de bicicleta, se intercala un subconjunto entre la pieza que gira y la de apoyo. Dicho subconjunto es el «rodamiento». Tiene la ventaja de que se monta y se mantiene con más facilidad que un cojinete de bolas. También tiene la ventaja de su mayor relación calidad/coste, dado que se obtiene mediante un procedimiento de fabricación específico y muy sofisticado y empleando materiales (principalmente aceros con aleaciones) que les confieren altas prestaciones.

Desde el punto de vista del dibujo, se suele tratar como un sólo componente (o ítem), lo que también simplifica su representación. Pero su representación está sometida a diferentes normas. Además, hay muchos tipos de rodamientos.

Los rodamientos constan, en general, de dos anillos, un conjunto de elementos rodantes y algún tipo de «jaula» para mantener las posiciones relativas entre los elementos rodantes (figura 1.58).



Figura 1.58 Anillo exterior e interior (izquierda), detalle de las bolas y la jaula (centro) y agujas en lugar de bolas (derecha)

La forma y la posición relativa entre los anillos dependen del tipo de esfuerzos que soportan. En consecuencia, hay tres tipos principales de rodamientos (figura 1.59): a) radiales, que son aquellos que están diseñados para resistir cargas en dirección perpendicular al eje. Constan, en general, de dos aros concéntricos, uno exterior y otro interior; b) axiales, que son aquellos que están diseñados para resistir cargas en la misma dirección del eje y constan, en consecuencia, de dos anillos planos enfrentados o cónicos, y c) angulares, que son una mezcla de los casos anteriores, se basan en un rodamiento similar al radial con un diseño especial de los aros exterior e interior para soportar alguna carga axial.

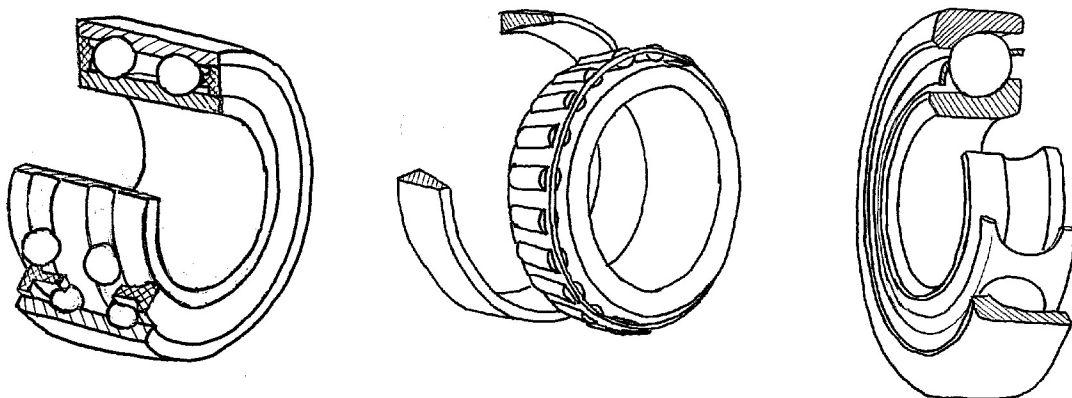


Figura 1.59 Rodamiento radial de doble fila de bolas (izquierda), axial de cilindros con anillos cónicos (centro) y angular de bolas (derecha)

Los elementos rodantes más comunes son las bolas, que son apropiadas para cargas livianas y medias. Para cargas mayores se utilizan rodillos y barriletes. Cuando el espacio es reducido se usan agujas, que son cilindros largos con diámetros pequeños (figura 1.58 derecha). Por último, se utilizan conos para cargas axiales.

Un ejemplo de rodamientos para otras aplicaciones son los denominados rodamientos lineales, utilizados para el desplazamiento de objetos a lo largo de un riel, o para una combinación de desplazamiento y rotación.

La norma de representación simplificada (UNE-EN-ISO 8826-1:1995), aconseja representar los rodamientos por un cuadrado y una cruz derecha situada en el centro de aquel y sin tocarlo (figura 1.60 centro izquierda). La cruz puede sustituirse por un símbolo que indique el tipo de rodamiento (figura 1.60 centro derecha). En la norma UNE-EN-ISO 8826-2:1998 se definen los símbolos específicos que pueden utilizarse para sustituir al símbolo genérico de la cruz, de forma que el nuevo símbolo indique el tipo de rodamiento de que se trata. Cuando sea conveniente indicar el contorno exacto del rodamiento, la norma UNE-EN-ISO 8826-1 aconseja dibujar dicho contorno y situar la cruz lo más centrada posible (figura 1.60 derecha). Por último, en dibujos muy detallados (tales como los dibujos de ilustración técnica), el rodamiento se debe dibujar siguiendo los criterios generales de representación, pero con la particularidad de que, en caso de cortarse, se debe utilizar un mismo rayado para todos los elementos del rodamiento que tengan la misma referencia (figura 1.60 izquierda).

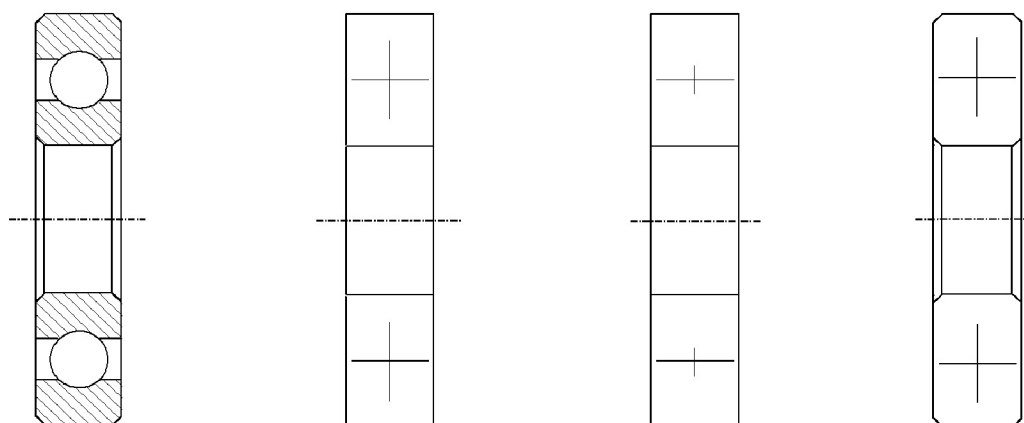


Figura 1.60 Representación normal (izquierda), simbólica (centro izquierda), simbólica particularizada (centro derecha) y de contorno (derecha) de un rodamiento radial simple de bolas sin alineamiento

Los símbolos ayudan a identificar el tipo de rodamiento, lo cual, a su vez, ayuda a entender la función que el rodamiento realiza en el ensamblaje. Pero, para una completa definición del rodamiento se debe recurrir al correspondiente plano de detalle o a una referencia estandarizada o comercial (acudiendo al catálogo de cualquier fabricante).

A destacar que la norma UNE-EN-ISO 8826-2:1998 también especifica la forma simplificada de representar los rodamientos en vistas de perfil (perpendiculares al eje del rodamiento). En concreto, se indica que se deben dibujar las dos circunferencias de contorno, una circunferencia con línea fina de punto y trazo que marca la trayectoria de los elementos rodantes, y el contorno de uno de los elementos rodantes. En esta misma norma, se indican aquellas normas que contienen especificaciones particulares de los tipos más comunes de rodamientos.

1.3.4 Detección de piezas estandarizadas

Tras haber introducido en los sub-apartados anteriores muchas de las piezas estandarizadas más habituales, estamos en condiciones de explicar una estrategia de análisis de dibujos de conjunto basada en la detección de piezas estandarizadas, que complementa a la estrategia de diseño de conjuntos basada en la selección de piezas estandarizadas que se ha comentado al principio del apartado 1.3.

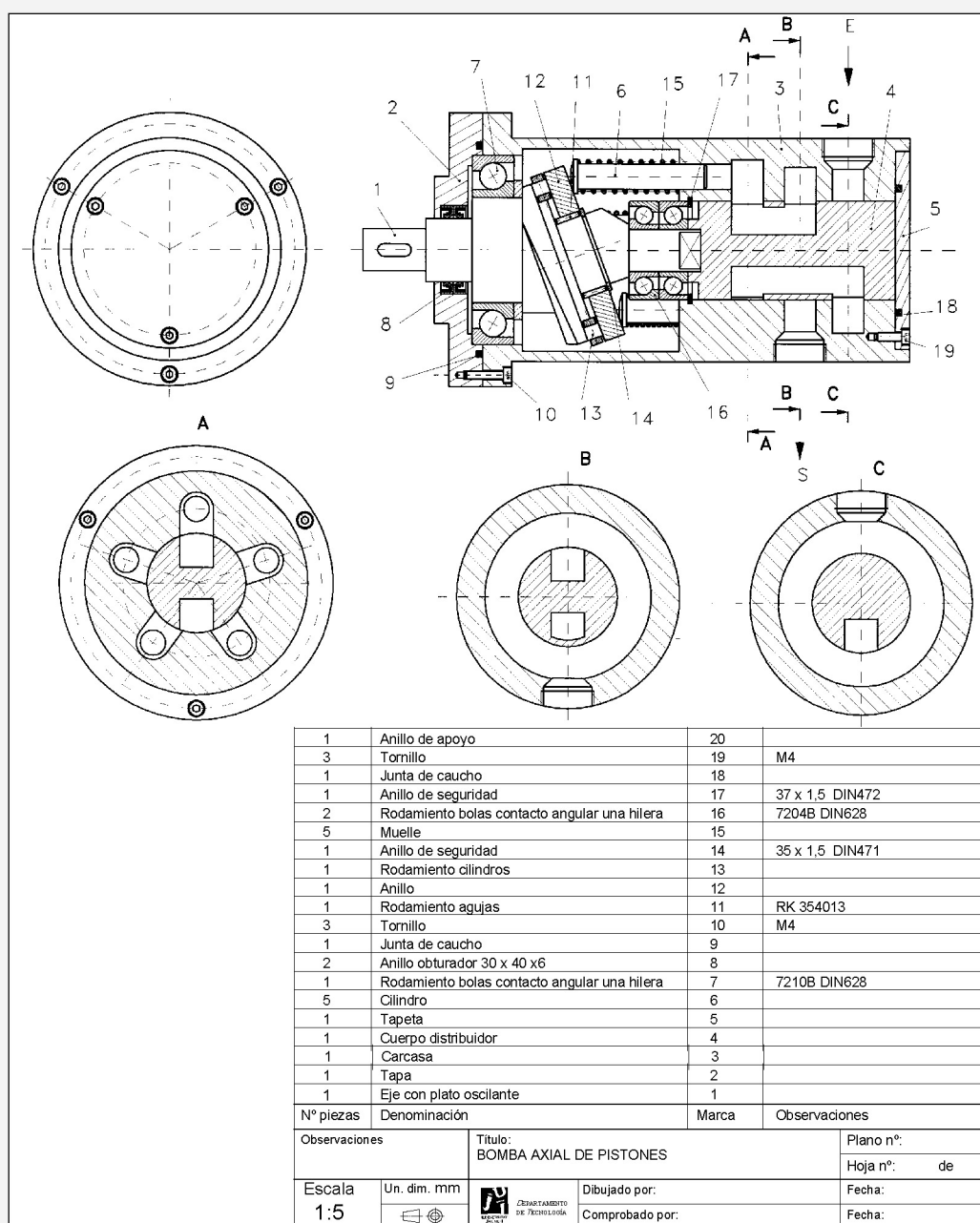
Para estudiar la representación de productos diseñados por otra persona es conveniente comenzar por sus elementos estandarizados. Primero, porque los elementos estandarizados son más familiares, y por tanto, son más fáciles de descubrir y nos aportan bastante información sobre el producto. Segundo, porque condicionan al resto de piezas; por lo que es bueno reconocerlos antes de intentar desentrañar las características de esas otras piezas.

Para descubrir las piezas estándar, hay que tener presente que no se suelen representar con el mismo detalle que el resto. Las representaciones contienen tan sólo la información necesaria para identificar la presencia de la pieza y para indicar la función que realiza.

Es de destacar que hay gran variedad de piezas estándar, por lo que los catálogos técnicos o «pron-tuarios» son la fuente más apropiada para conocer la existencia de un tipo particular de pieza estándar y para consultar cualquiera de sus características. Sin embargo, también es conveniente recurrir a las normas específicas que detallan todo tipo de características (tales como las formas, tamaños, resistencia mecánica, etcétera). La ventaja de los catálogos es que las referencias son más completas, porque incluyen datos importantes como precios, plazos y condiciones de entrega. Sin embargo, las normas son una referencia más segura cuando se quiere definir, con exactitud y sin peligro de alteración, las características que deberá tener el producto contratado.

Por último, hay que destacar que el término «pieza» estandarizada se suele emplear en sentido amplio para indicar conjuntos o subconjuntos totalmente estandarizados. El caso más significativo es el de los rodamientos; los cuales, pese a estar compuestos de varias piezas (y ser, por tanto, auténticos subconjuntos) se consideran como «piezas», dado que a efectos de diseño, montaje y mantenimiento del producto, se comportan como cualquier otra pieza simple (figura 1.61).

Concluimos reiterando que las piezas y subconjuntos totalmente estandarizados no se representan en dibujos de detalle. Se representan en el dibujo de conjunto (generalmente simplificados) y se dan las indicaciones necesarias para identificarlos (figura 1.21). No se da una descripción exacta de su forma y dimensiones, que se supone conocida y documentada. Dicho en otras palabras: las piezas estandarizadas no se fabrican, se compran; por lo tanto, en sus planos se tiene que dar información «de compra» en lugar de información «de diseño».



El conjunto de la figura representa una bomba axial de pistones en la que el aceite es bombeado gracias al movimiento de vaivén de los 5 pistones (6) a través de los conductos de la carcasa (3). El movimiento está provocado por el giro solidario del cuerpo distribuidor (4) con el eje (1), porque el eje posee una plataforma inclinada que al girar obliga a los pistones a desplazarse, mientras los resortes (15) mantienen a los pistones en contacto con la plataforma inclinada. Al introducirse cada pistón en la carcasa, el aceite es bombeado gracias a que la cámara del pistón está conectada al conducto de salida (S) mediante la cavidad cilíndrica del cuerpo distribuidor (4). Del mismo modo, cuando el pistón vuelve hacia atrás, su cámara entra en comunicación con el conducto de entrada (E), y con su movimiento crea una depresión que hace que el aceite entre en la cámara. El conjunto es totalmente estanco gracias a los dos retenes (8) y las dos juntas de caucho (9 y 18).

En el cajetín se indican las características de todas las piezas normalizadas. Por tanto, la interpretación del plano, debe comenzar identificando dichas piezas estandarizadas en el dibujo.

Figura 1.61 Dibujo de conjunto de una bomba-motor hidráulico, con múltiples elementos estandarizados (rodamientos, muelles, tornillos, arandelas, etc.)

1.4 REPRESENTACIONES GRÁFICAS DE EQUIPOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES

Antes de que existieran normas para representación simplificada de equipos e instalaciones, se representaban detalladamente todos sus componentes. Pero las representaciones basadas en los principios generales de representación, precisamente por contener información exhaustiva tanto de la forma y dimensiones de cada componente como de las posiciones relativas entre diferentes componentes, resultan notablemente complejas y no favorecen una comprensión rápida del funcionamiento de la instalación. En efecto, los aspectos que se quieren mostrar pueden llegar a quedar ocultos o enmascarados por otros aspectos superfluos. Además, se complica demasiado la obtención de tales dibujos, al tener que dibujar gran cantidad de detalles innecesarios para el propósito que persigue el dibujo. El trazado de tal representación resulta excesivamente laborioso, caro y propenso a errores (de forma totalmente gratuita, ya que se representan detalles innecesarios de las soluciones constructivas adoptadas para los diferentes componentes). Por tanto, la representación *funcional* de equipos e instalaciones industriales es diferente de la representación recogida en la norma UNE 1032:1982 (o ISO 128:1982) de «principios generales de representación». Esto es así porque aunque los equipos e instalaciones son agrupaciones de conjuntos o componentes relacionados entre sí, es su funcionamiento *global* lo que debe ponerse de manifiesto del modo más sencillo posible. Es decir, que las representaciones específicas de equipos e instalaciones son aquellas que muestran la función y ocultan la forma (figura 1.62).

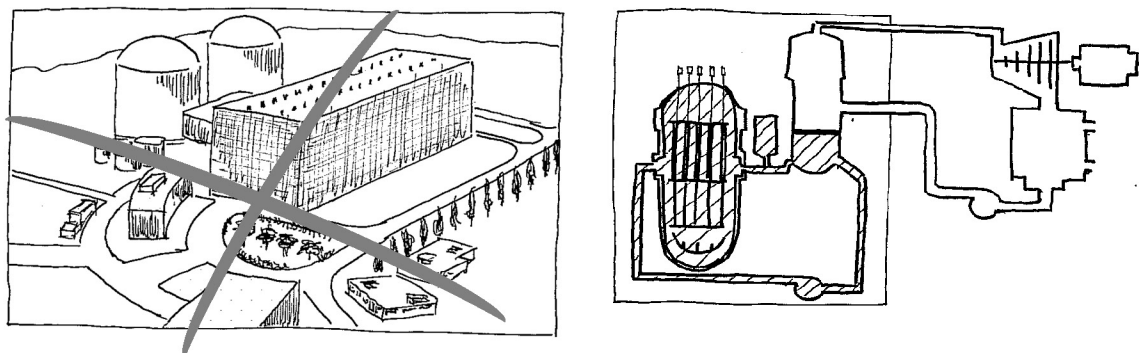


Figura 1.62 Representación realista de una central nuclear que se limita a mostrar la forma (izquierda) frente a un esquema del reactor nuclear que muestra aspectos relevantes de su función (derecha)

Por tanto, salvo en los casos más simples, las representaciones completas de los equipos e instalaciones no sirven para mostrar la función. En general, las representaciones por medio de vistas, cortes, etc., son imprescindibles para representar la forma, pero resultan notablemente complejas y no favorecen una comprensión rápida del funcionamiento de la instalación; precisamente porque contienen información exhaustiva tanto de la forma y dimensiones de cada componente como de las posiciones relativas entre diferentes componentes. En consecuencia, lo más común es: a) representar de acuerdo con ISO 128:1982 (UNE 1032:1982) tanto la forma de la instalación en su conjunto (figura 1.63) como la de cada uno de los componentes por separado (figura 1.64), y b) definir por separado el funcionamiento global de toda la instalación, mediante representaciones apropiadas para ello: los *esquemas* (figura 1.65).

En la figura se muestra un dibujo de conjunto de la instalación de la caldera de recuperación de una planta de cogeneración. Esta caldera lo que hace es aprovechar el nivel térmico de los gases de escape de una turbina de gas para generar vapor a media presión. El vapor generado se utiliza para generar electricidad en una turbina de vapor o directamente en algún proceso industrial.

En la figura puede verse el empleo de las vistas normalizadas (en concreto el alzado y la planta), junto con la acotación apropiada para indicar las dimensiones globales de la instalación y las posiciones de sus diferentes componentes. En la figura puede observarse el alto nivel de simplificación de aristas y contornos: sólo se han representado las aristas y contornos mínimos para definir la instalación del modo más simple posible.

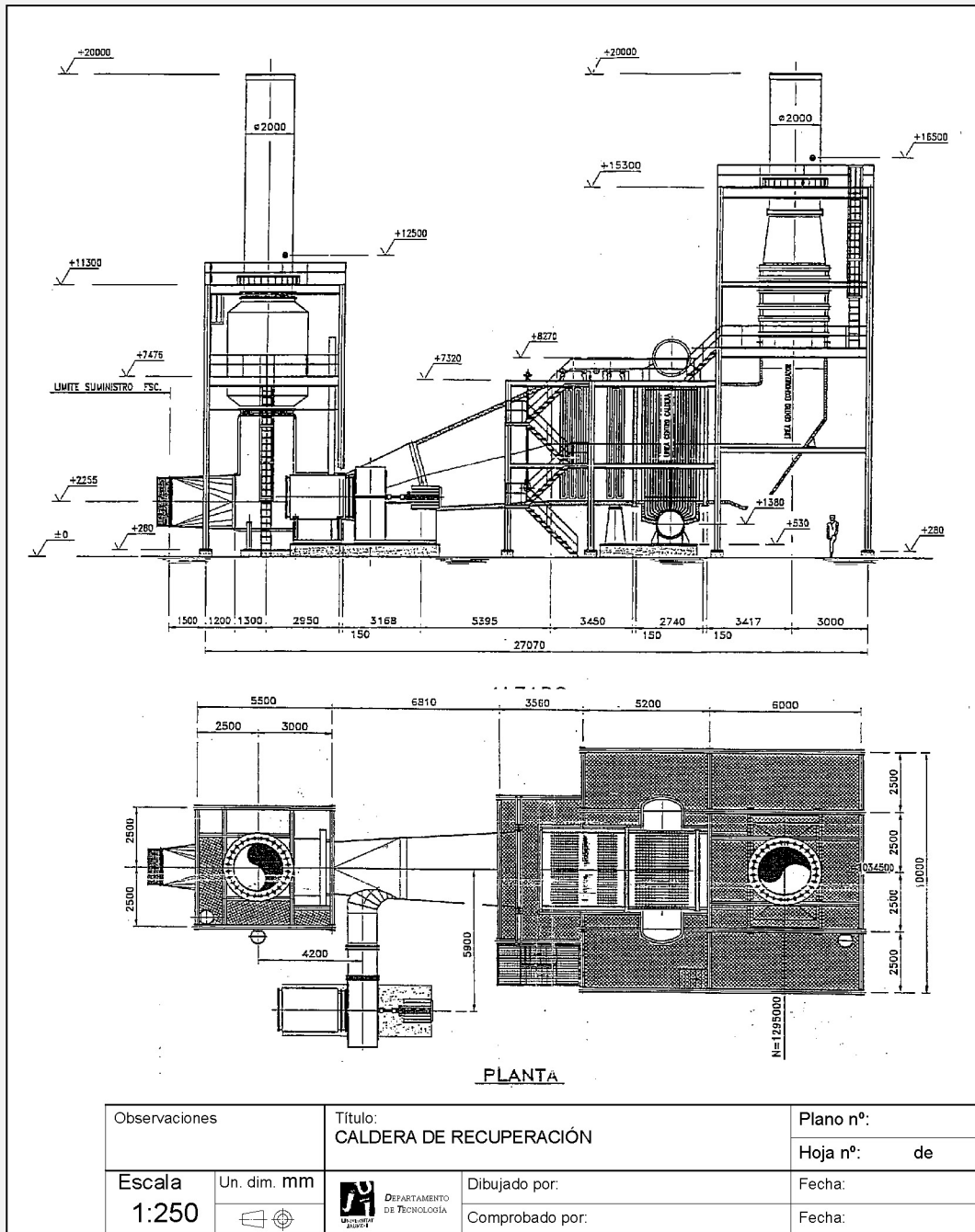


Figura 1.63 Representación convencional de una instalación de la caldera de recuperación de una planta de cogeneración

En la figura puede verse el empleo de las vistas normalizadas (en concreto la vista principal es una sección del cuerpo de caldera que está representado en otro plano, y va acompañada de una vista parcial de uno de los tubos y de un detalle), junto con una tabla que contiene las medidas parametrizadas de los diferentes tubos que componen el haz. Se observa que la representación es completamente convencional, y no incluye ninguna singularidad destacable.

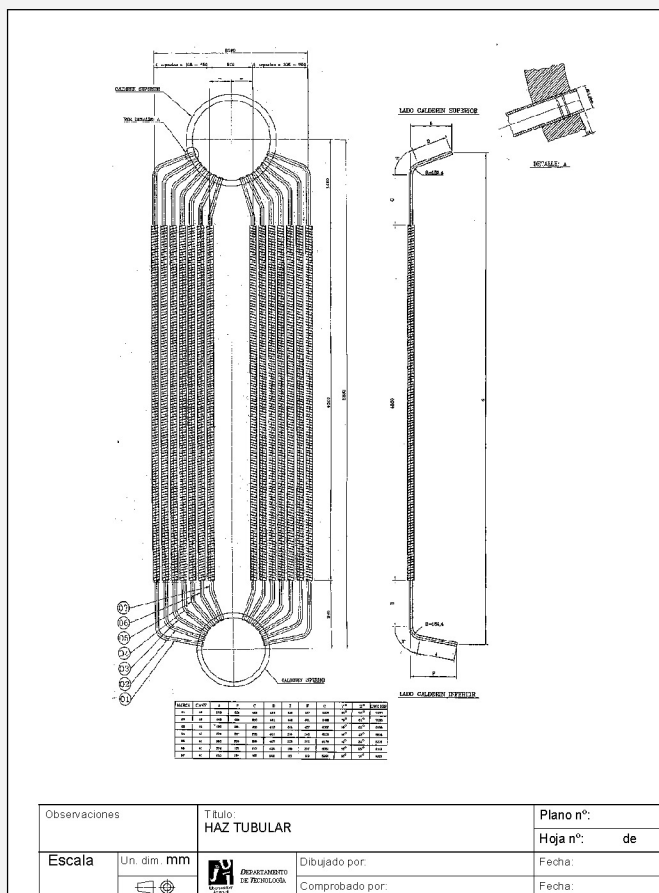


Figura 1.64 representación convencional del haz tubular del cuerpo de caldera de la caldera de recuperación de una planta de cogeneración

Se observa que el contorno de la instalación sí que se ha respetado al ubicar los símbolos que esquematizan los diferentes componentes de la instalación.

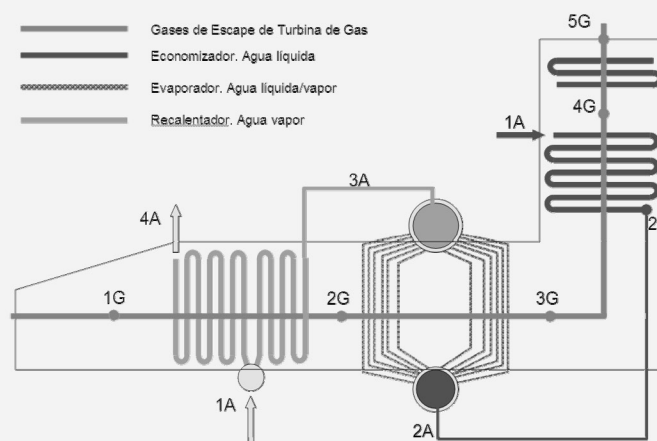


Figura 1.65 Esquema de funcionamiento térmico de la caldera de recuperación de una planta de cogeneración (no se han reproducido los colores del original)

1.4.1 Representaciones esquemáticas

Un esquema (o representación esquemática) de una máquina o instalación es una representación simbólica en la que se destacan los aspectos funcionales de los componentes, su disposición y relaciones, a base de omitir cualquier tipo de información sobre características geométricas de los componentes, e incluso sobre su verdadera situación en el espacio. En definitiva, un esquema es una representación simplificada para estudiar el funcionamiento, no la forma, de cualquier tipo de instalación o mecanismo.

Los esquemas más simples se obtienen reduciendo el número de detalles de las representaciones basadas en los principios generales de representación (figura 1.66). No obstante, los esquemas no son representaciones «simplificadas». Es cierto que se utilizan símbolos obtenidos por sucesivas simplificaciones de las representaciones iniciales. Y es cierto que esa simplificación reduce el trabajo de delineación. Pero los símbolos no se eligen para ahorrar trabajo de delineación. Por el contrario, una apropiada elección de los símbolos es la que hace que la representación muestre aspectos que quedarían ocultos en una representación convencional, al tiempo que elimina detalles que no son relevantes y que pueden enmascarar lo que se pretende mostrar.

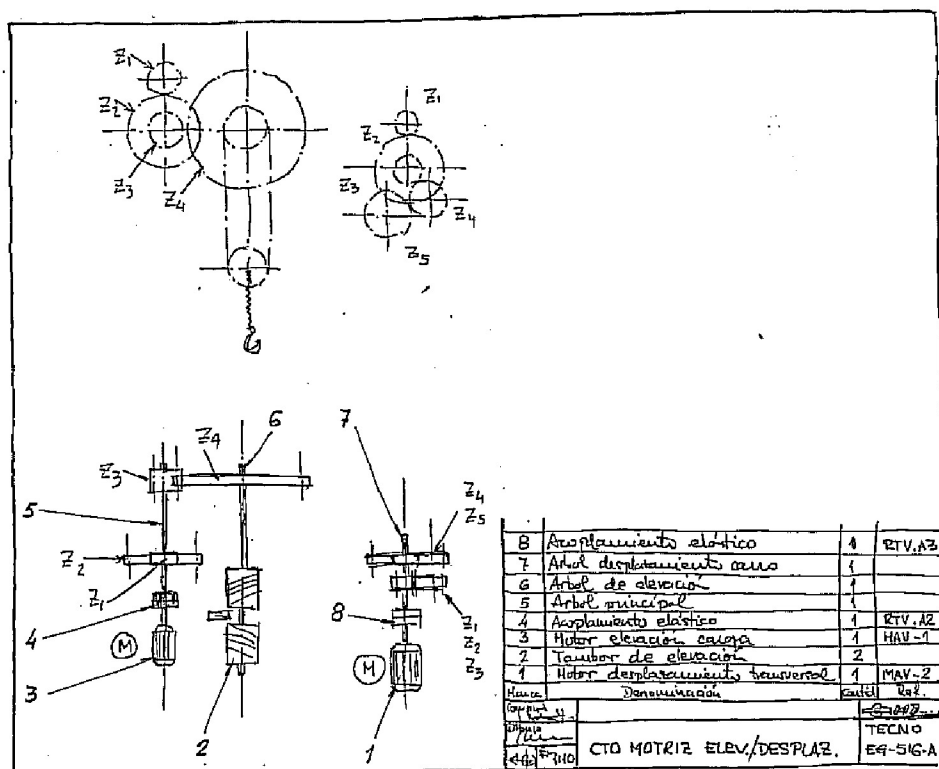


Figura 1.66 Esquema simple del diseño conceptual de un mecanismo de elevación y desplazamiento de cargas de un puente grúa

En parte como consecuencia de la constante evolución de los dibujos de esquemas, pero principalmente debido a que no siempre se requiere el mismo nivel de detalle, los símbolos no son siempre iguales: se utilizan diferentes símbolos para representar distintas funciones de un mismo objeto. De hecho, los esquemas pueden servir para asuntos tan variados como catálogos de publicidad, enseñanza, cuadros de mando de instalaciones... y, por supuesto, para planos técnicos con especificaciones de diseño de instalaciones de muy diversa naturaleza. Pese a la variedad de símbolos, hay unos requisitos básicos que debe cumplir cualquier esquema:

- significado único e inequívoco de los símbolos empleados,
- facilidad de interpretación, y
- simplicidad de trazado.

Por tanto, los dos criterios básicos de la representación esquemática son elegir los símbolos apropiados para cada caso y explicar su significado. Los símbolos correspondientes a todo objeto que forme parte de la máquina o instalación que se esquematiza, deben elegirse para que sean exclusivamente representativos de sus *características funcionales*; sin incluir información sobre la solución constructiva de cada uno de ellos. Y, tanto si se utilizan símbolos normalizados (lo cual es siempre aconsejable) como si no, es una buena práctica añadir un cuadro leyenda en el que se muestra el significado de todos y cada uno de los símbolos empleados (figura 1.67).

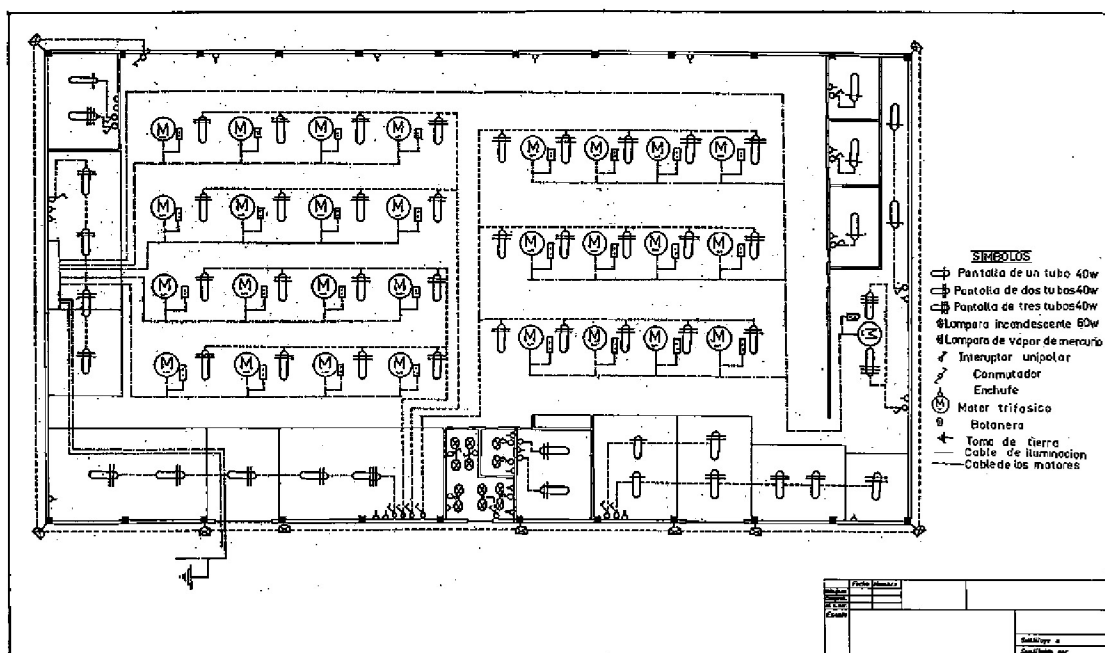


Figura 1.67 Esquema de la distribución eléctrica en planta de una nave industrial, incluyendo el cuadro leyenda de los símbolos empleados (derecha)

Tal como se ve en la figura 1.67, las conexiones entre componentes también forman parte del esquema (¡para el funcionamiento de una instalación hidráulica es tan importante una válvula como un codo de tubería!). No obstante, se suele dar un tratamiento distinto a los componentes con una función propia y específica, respecto a aquellos cuya función principal es dar continuidad al proceso o instalación. La razón para tratarlos de forma diferente es que los componentes «de conexión» suelen tener una geometría más sencilla que los componentes «de función»; de tal forma que basta una vista, unas pocas cotas y alguna leyenda (por ejemplo, una que indique el tipo de cable conductor y la longitud del mismo que se necesita), para tenerlos totalmente definidos sin necesidad de más documentación. En consecuencia, los símbolos que representan «conexión» entre componentes «funcionales», se eligen para destacar la disposición mutua y las relaciones entre ellos, huyendo de cualquier indicación de su propia forma y características.

Los símbolos se organizan en una simbología general y sucesivos niveles (de detalle creciente) de simbologías específicas. En general, los símbolos detallados se obtienen añadiendo símbolos complementarios al correspondiente símbolo general; favoreciendo así la claridad y rapidez de interpretación del esquema. En la simbología general únicamente se distinguen los componentes depen-

diendo de su función principal (por ejemplo, se distingue entre una válvula y una bomba en una instalación hidráulica). Mientras que en las sucesivas simbologías complementarias se van indicando diversas variantes del modo de funcionamiento cada vez más sutiles (por ejemplo, se distinguen las válvulas en función de que su accionamiento sea mecánico, eléctrico, etc.).

A partir de los principios descritos, se han desarrollado las diferentes «prácticas habituales» que han llegado a asentar los símbolos a emplear en los diferentes esquemas de instalaciones. En algunos ámbitos se han llegado a desarrollar normas específicas, por ejemplo la norma ISO 3971:1977 (ya anulada) de símbolos para el proceso de molido de arroz. En los siguientes apartados vamos a comentar las peculiaridades más destacadas en cada ámbito, pero sin llegar a los casos más particulares, que no constituyen excepciones ni tienen valor fuera de su ámbito restringido.

Es importante recordar que cuando hablamos del esquema de una máquina o instalación nos fijamos en una de sus funciones; pero tal función no tiene que ser necesariamente única: una misma máquina o instalación puede representarse mediante diferentes esquemas, que muestran aspectos distintos de su comportamiento. También hay que recordar que nos podemos fijar en toda la máquina o en una parte de ella. Por ejemplo, en la figura 1.68 se muestra una fotografía de una motobomba de extracción de agua, impulsada por un pequeño motor de combustión interna. En la imagen se puede ver la complejidad geométrica de las formas constructivas adoptadas para las piezas que componen el carburador, pero no se puede ver la función de la máquina.

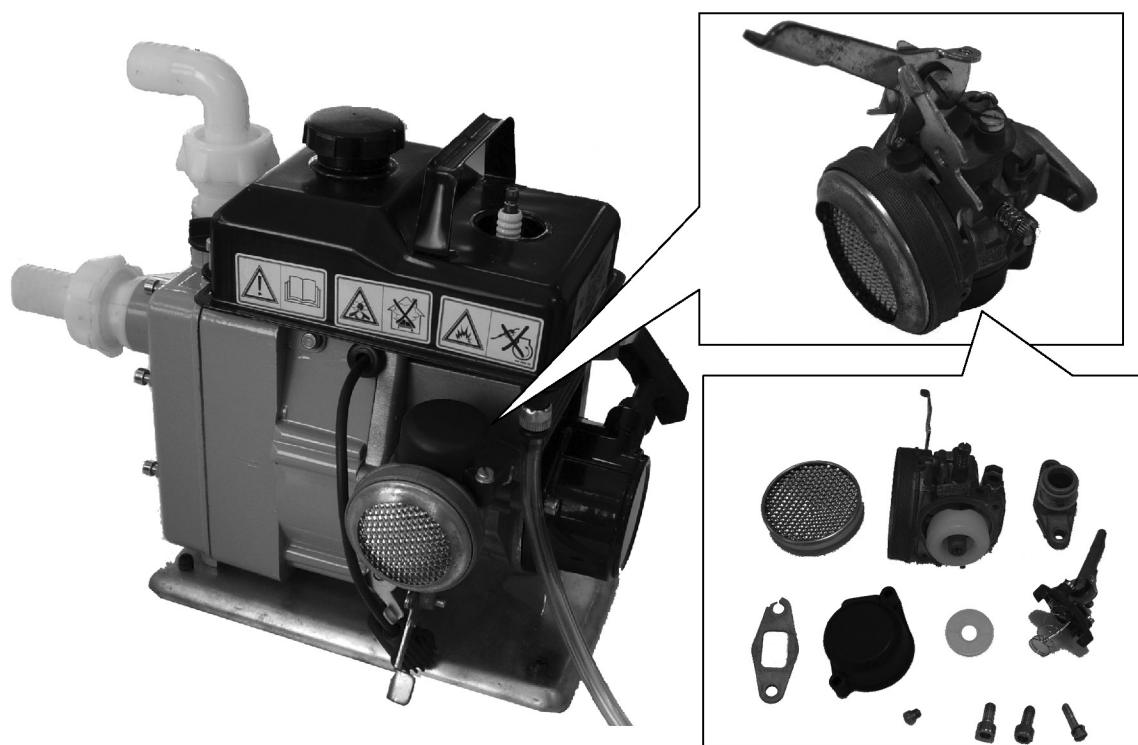


Figura 1.68 Conjunto motobomba de extracción de agua, impulsada por un pequeño motor de combustión interna, con subconjunto de carburador y despiece del mismo

En la figura 1.69 se muestra el esquema hidráulico que destaca la función de bomba hidráulica que realiza el rodete de la parte derecha de la carcasa de la motobomba, gracias a la impulsión que le facilita el motor de combustión interna sobre cuyo cigüeñal está directamente montado el rodete.

En la figura 1.70 se muestra el esquema cinemático de dicho motor de combustión, junto con la fotografía que destaca las piezas principales del mismo.

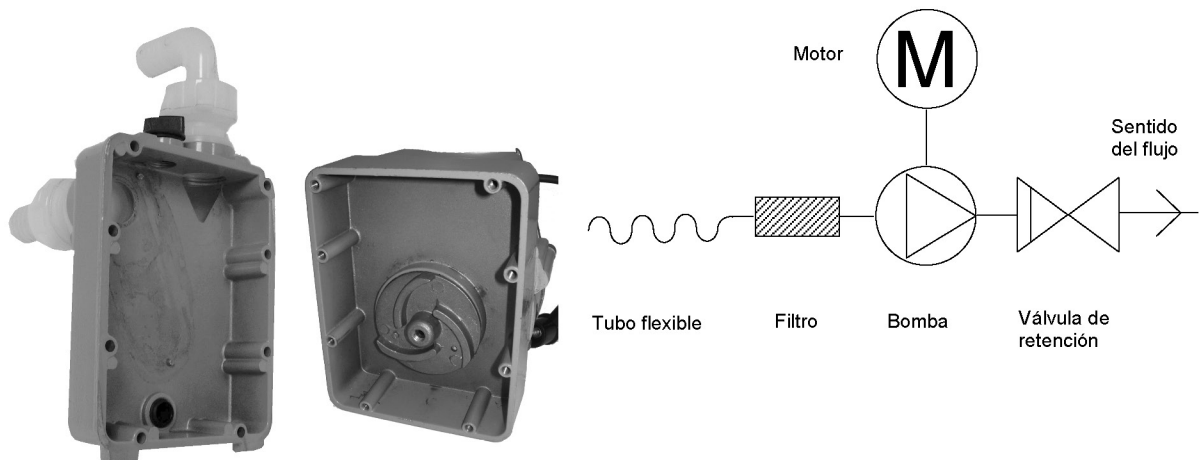


Figura 1.69 Esquema hidráulico (derecha) que destaca la función de bomba hidráulica, que realiza el rodete y una parte de la carcasa de la motobomba, gracias a la impulsión que le facilita el motor de combustión interna sobre cuyo cigüeñal está directamente montado el rodete

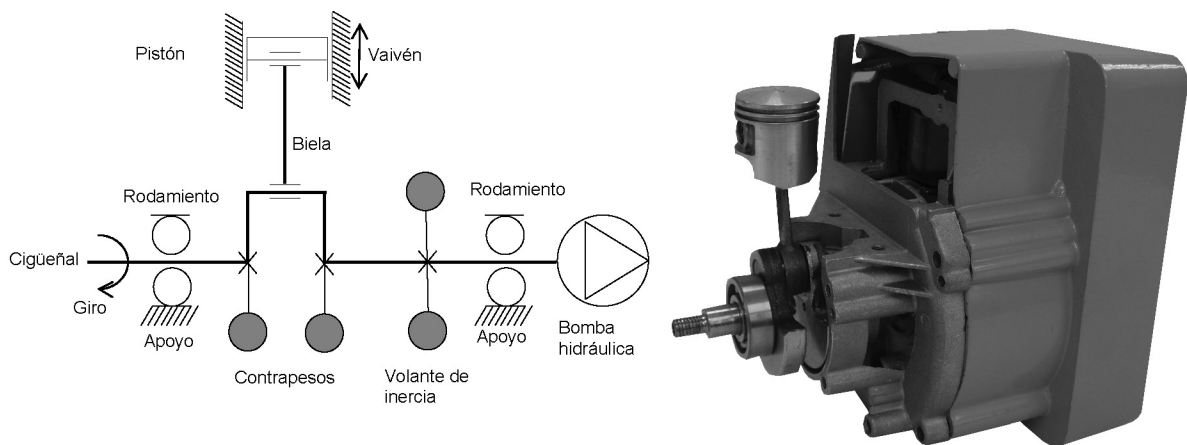


Figura 1.70 Esquema cinemático (izquierda), junto con la fotografía de las principales piezas que intervienen en dicho comportamiento (derecha)

Finalmente, en la figura 1.71 se muestra el esquema que explica el funcionamiento eléctrico del sistema de encendido de la motobomba, junto a una fotografía de las piezas que intervienen en dicho funcionamiento eléctrico de la máquina.

Vemos que, en los tres casos, se trata de esquemas muy simples, que muestran claramente los diferentes comportamientos o funciones de la máquina (hidráulico, cinemático y eléctrico), huyendo de la complejidad que supondría representar de forma convencional las soluciones constructivas adoptadas para las piezas que intervienen en dichos comportamientos.

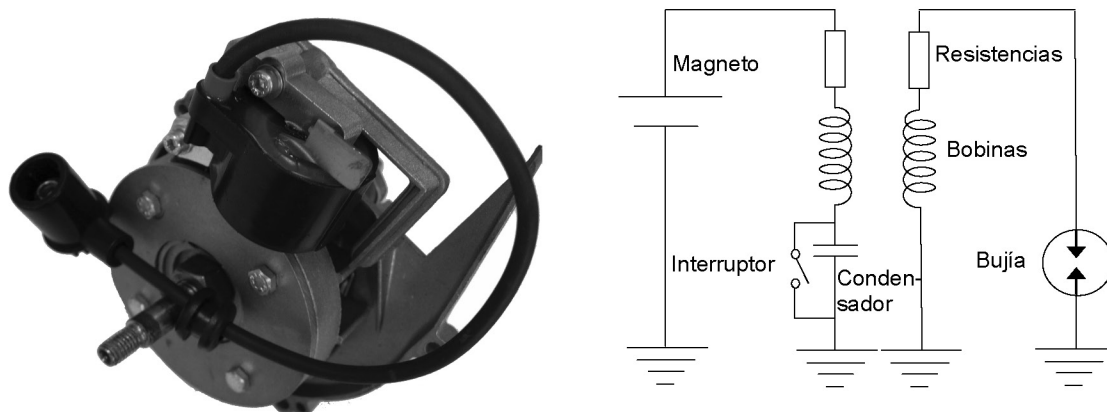


Figura 1.71 Una fotografía de las piezas que intervienen en el encendido eléctrico (izquierda), y esquema que explica el funcionamiento eléctrico de la motobomba (derecha)

1.4.2 Símbolos y signos

Símbolo y signo no son lo mismo, aunque a veces se tomen como sinónimos. Signo es una manifestación natural o artificial que evoca idea de otra. Los estudia la Semiótica o Semiología, que es la teoría general de los signos. Por el contrario, un símbolo es una representación sensorialmente perceptible de una realidad, en virtud de rasgos que se asocian con esta por una convención socialmente aceptada, o definida mediante normas. La Simbología es el estudio de los símbolos, o conjunto o sistema de símbolos. Por tanto, son los símbolos los que principalmente se definen y usan en los planos de ingeniería.

Existen muchas normas que regulan tanto la definición como el uso de los símbolos y los signos. Podemos destacar:

- UNE-EN 80416-1:2003 de *Principios básicos para los símbolos gráficos utilizables en los equipos. Parte 1: Creación de símbolos gráficos*; y
- UNE-EN 81714, de *Diseño de símbolos gráficos utilizables en la documentación técnica de productos*: parte 1 (UNE-EN ISO 81714-1:2001), que especifica las reglas básicas para el diseño de los símbolos gráficos de uso en la documentación técnica de productos; parte 2 (UNE-EN 81714-2:2000), *Especificación para símbolos gráficos en una forma adaptada al ordenador, incluidos los símbolos gráficos para una biblioteca de referencia, y requisitos relativos a su intercambio*; y parte 3 (UNE-EN 81714-3:2002), *Clasificación de los nudos de conexión, de las redes y su codificación*.

Para simplificar su definición y facilitar su interpretación, los símbolos se suelen organizar en un reducido conjunto de símbolos generales, y sucesivos niveles de detalle creciente de símbolos específicos. En la simbología general únicamente se representan los componentes más genéricos y de uso más frecuente. Por ejemplo, en la figura 1.72 se define el símbolo genérico de «válvula», y los símbolos más particulares (pero de uso muy frecuente) de válvula de compuerta y grifo. Se observa que estos últimos se obtienen añadiendo un símbolo complementario al símbolo genérico válvula. Siguiendo el mismo criterio, a partir de los símbolos genéricos «válvula», y «flotador», se puede componer el símbolo específico «válvula de flotador». Por tanto, en general, los símbolos detallados se obtienen añadiendo símbolos complementarios al correspondiente símbolo general. Sin embargo, hay que intentar que los esquemas sean lo más sencillos posible, por lo que los símbolos específicos se utilizan sólo cuando se considera necesario ampliar el nivel de detalle del esquema; en caso contrario son preferibles los símbolos genéricos.














SÍMBOLOS GENERALES							
Tubo liso		Tubo revestido		Válvula		Contrapeso	
Brida		Apoyo		Válvula de compuerta		Resorte	
Enchufe de tubo de fundición		Punto fijo		Grifo		Flotador	
Manguito roscado							

Figura 1.72 Signos convencionales generales para tuberías, según norma UNE 1062:1952

Los símbolos detallados de uso frecuente se suelen definir en normas particulares que contienen sucesivas simbologías complementarias, que van indicando diversas variantes del modo de funcionamiento cada vez más sutiles (figura 1.73).

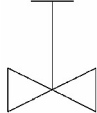
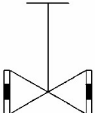
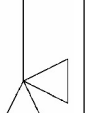
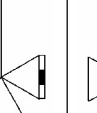
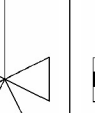
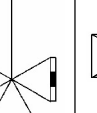
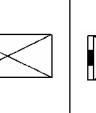
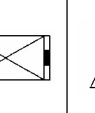
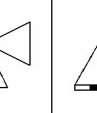
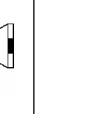
Válvula de paso recto		Válvula angular		Válvula de tres pasos		Válvula de retención		Válvula angular de retención	
Con bridas	Con extremos roscados	Con bridas	Con extremos roscados	Con bridas	Con extremos roscados	Con bridas	Con extremos roscados	Con bridas	Con extremos roscados
									

Figura 1.73 Signos específicos para algunos tipos de válvulas, según norma UNE 1062:1952

Los símbolos se dibujan al tamaño mínimo que permita leerlos cómodamente y permitan organizar el esquema para conseguir su máxima claridad. En general, no transmiten información de formas ni tamaños de los objetos representados, por lo que no respetan ningún tipo de escala. Lo que sí que deben mantener es una proporción entre todos los símbolos de un mismo esquema. Además, al igual que ocurre con los rótulos, el tamaño de los símbolos debe estar proporcionado al grosor del trazo. Es frecuente que un símbolo simple mida entre una y dos veces la altura de los textos.

Los símbolos que representan «líneas de flujo» o «conexión» (tubería, cable eléctrico, etc.) entre componentes «funcionales», sirven para destacar la disposición mutua y las relaciones entre los mismos. Aunque, excepcionalmente, se pueden representar los elementos de conexión siguiendo los principios generales de representación, normalmente se representan esquemáticamente mediante líneas simples. Los tipos de líneas que se emplean en la representación simplificada están definidos en la norma UNE-EN ISO 6412-1:1995 de *representación simplificada de tuberías. Parte 1: Reglas generales y representación ortogonal*. (ISO 6412-1:1989). Estos tipos de líneas se han reproducido en la tabla 1.9. Aunque el ámbito de aplicación de esta norma es la representación simplificada de tuberías, los criterios que contiene se pueden extrapolar fácilmente a otras líneas de flujo.

En general, en los esquemas se evita cualquier indicación de tamaño o ubicación física de cada componente, salvo que éstas afecten al funcionamiento de la instalación. Como criterio general, los símbolos de los componentes no se acotan, puesto que sirven para indicar la función, pero no la forma. En algunos casos particulares, se pueden utilizar símbolos cuyo contorno coincida total o

parcialmente con el del componente real. En tales casos, se pueden llegar a incluir cotas de contorno (cotas totales, o de «embalaje»). Análogamente, cuando se tiene que indicar la posición de los componentes, o la longitud y la disposición de las líneas de flujo, se recurre a vistas ortográficas (UNE 1032:1982) y a cotas (UNE 1039:1994). No obstante, la norma UNE-EN ISO 6412-1:1995 contiene criterios particulares que modifican ligeramente los criterios de las normas generales. En la figura 1.74 izquierda se muestra un ejemplo simple de cómo acotar una línea de flujo, sin llegar a detallar el recorrido completo. En la figura 1.74 derecha se muestra el mismo tramo con los recodos dibujados, pero sin indicar las dimensiones de esos detalles.










Tipo de línea	Descripción	Aplicación
A 	Continua gruesa	A1 Líneas de flujo e intersección de partes
B 	Continua fina	B1 Rayado B2 Líneas de cota B3 Líneas de proyección B4 Rejilla de líneas en isométrico
C 	Continua fina a mano alzada	C1 Límites de vistas o cortes parciales o interrumpidos
D 	Continua fina con zigzag	D1 Límites de vistas o cortes parciales o interrumpidos
E 	Gruesa de trazos	E1 Líneas de flujo especificadas en otro dibujo
F 	Fina de trazos	F1 Suelo F2 Paredes F3 Techos F4 Agujeros (taladros)
G 	Fina de trazos y puntos	G1 Línea de ejes
EJ 	Gruesa de trazos y puntos	EJ1 Límite de contrato
K 	Fina de trazos y doble punto	K1 Contornos de piezas adyacentes K2 Partes situadas delante de un plano de corte

Tabla 1.9 Tipos de líneas que se emplean en la representación simplificada de instalaciones

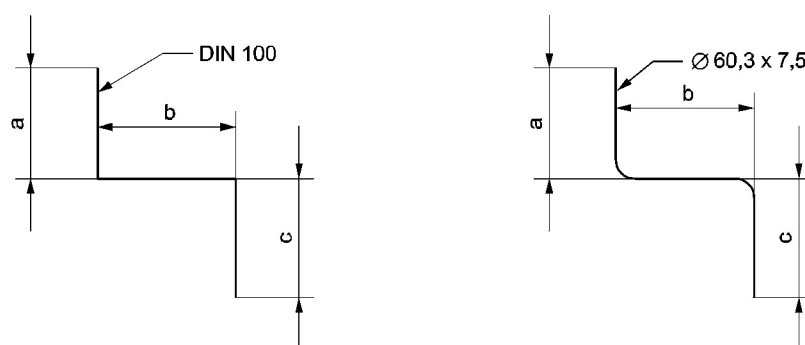


Figura 1.74 Acotación de línea de flujo simplificada (izquierda) y completa (derecha)

En los casos particulares en los que el espesor real de la línea de flujo puede ser crítico, se puede indicar la dimensión exterior, interior o mixta. Para obtener estas indicaciones particulares, se modifica ligeramente el símbolo de cota, añadiendo una o dos líneas de referencia auxiliares, para indicar a qué lado del eje de la línea de flujo se deben aplicar las medidas (figura 1.75).

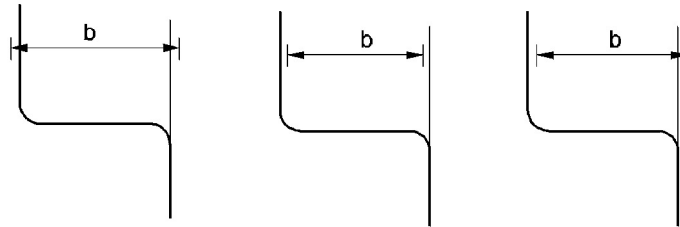


Figura 1.75 Acotación exterior (izquierda), interior (centro) y mixta (derecha) de un tramo de línea de flujo

Cuando la línea de flujo no es plana (o no se puede simplificar suponiéndola plana), se puede recurrir a dibujar y acotar una representación multivista. Pero, en algunos casos, puede ser más fácil seguir una línea compleja mediante representaciones axonométricas. Los criterios particulares de las representaciones axonométricas están recogidos en UNE-EN ISO 6412-2:1995. *Representación simplificada de tuberías. Parte 2: Proyección isométrica* (equivalente a ISO 6412-2:1989). El aspecto más peculiar de esta norma es que propone que los tramos de la línea de flujo que no son paralelos a las direcciones principales de la axonometría en la que se representa, se marquen mediante triángulos rectángulos auxiliares, en los que la línea corresponde a la hipotenusa, y los catetos son paralelos a las direcciones principales (figura 1.76).

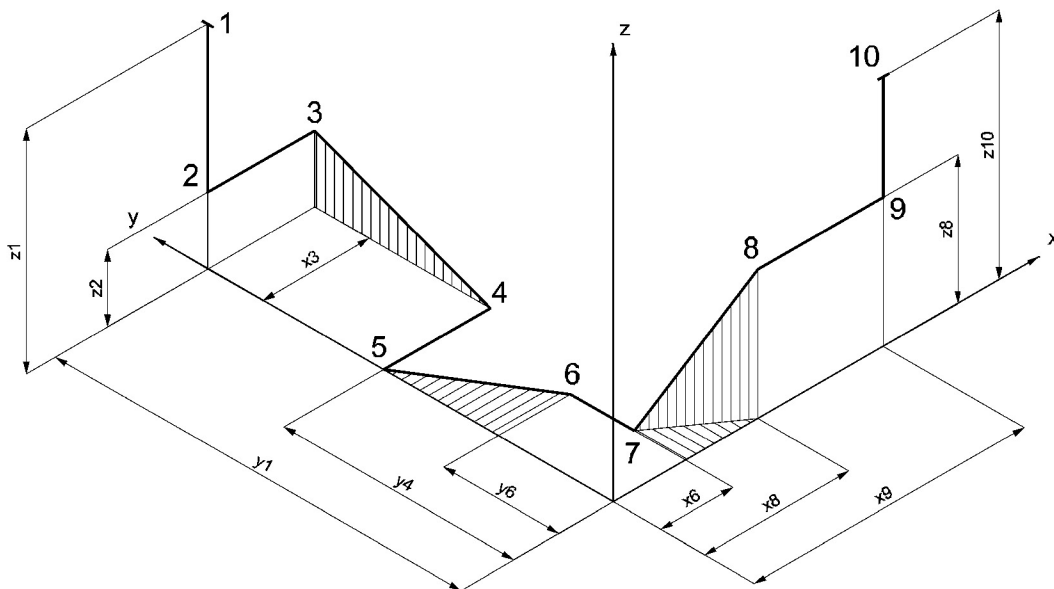


Figura 1.76 Representación axonométrica de una línea de flujo, con acotación y triángulos auxiliares para marcar direcciones principales

Como conclusión hay que repetir que la elección de los símbolos apropiados depende de las circunstancias: formación de los destinatarios de los planos, perdurabilidad a lo largo del tiempo, valor legal de los documentos, etc. También es interesante comentar que están empezando a proliferar las «bibliotecas» de símbolos predefinidos («listos para usar») en aplicaciones de dibujo asistido por ordenador (CAD). En consecuencia, ciertos símbolos incorrectos contenidos en dichas bi-

bliotecas se están utilizando y están provocando confusiones. Algunas aplicaciones tienen «editores» o «asistentes» que ayudan al usuario a definir los símbolos. Hay que estar prevenidos de que, en algunos casos, «obligan» al usuario a definir símbolos incorrectos o simplemente diferentes a los que éste quiere definir. En tales casos, es mejor prescindir del «asistente» y dibujar el símbolo correcto con las herramientas genéricas de la aplicación.

Otro aspecto de los símbolos, también relacionado con su utilización en planos de ingeniería, es que algunas veces los símbolos deben aparecer en un producto o instalación real, es decir, son símbolos o señales que deben añadirse al producto o la instalación. Por tanto, deben diseñarse, y su diseño debe plasmarse en el correspondiente plano de ingeniería. En tales casos, la norma UNE-EN 80416-1, indica los criterios para definir tales símbolos. Otras normas relacionadas con este asunto son: UNE 1142:1990 IN (o la ISO/TR 7239:1984) de elaboración y principios para la aplicación de los pictogramas destinados a la información del público; UNE 23032:1983 de seguridad contra incendios. Símbolos gráficos para su utilización en los planos de construcción y planes de emergencia; UNE 41501:2002 de símbolo de accesibilidad para la movilidad (reglas y grados de uso), etc.

Tras diseñar el símbolo, se debe realizar un plano de «puesta en obra» del mismo. En la figura 1.77 se muestra un detalle de un plano en el que se definen algunas señales horizontales de circulación que formarán parte de un vial de un polígono industrial. En el ejemplo, se observa que los símbolos simples (tales como el paso de peatones y la señal de ceda el paso) se definen con una sola vista, dibujando y acotando su contorno. Otros símbolos más complejos (como el rótulo de *Stop*) se definen de forma aproximada mediante una cuadrícula. De esta forma se garantiza que el símbolo respetará los criterios generales, pero no se encarece más de lo necesario su puesta en obra, porque se evita definir una forma geométrica compleja que contenga detalles irrelevantes para la función a que está destinado el signo.

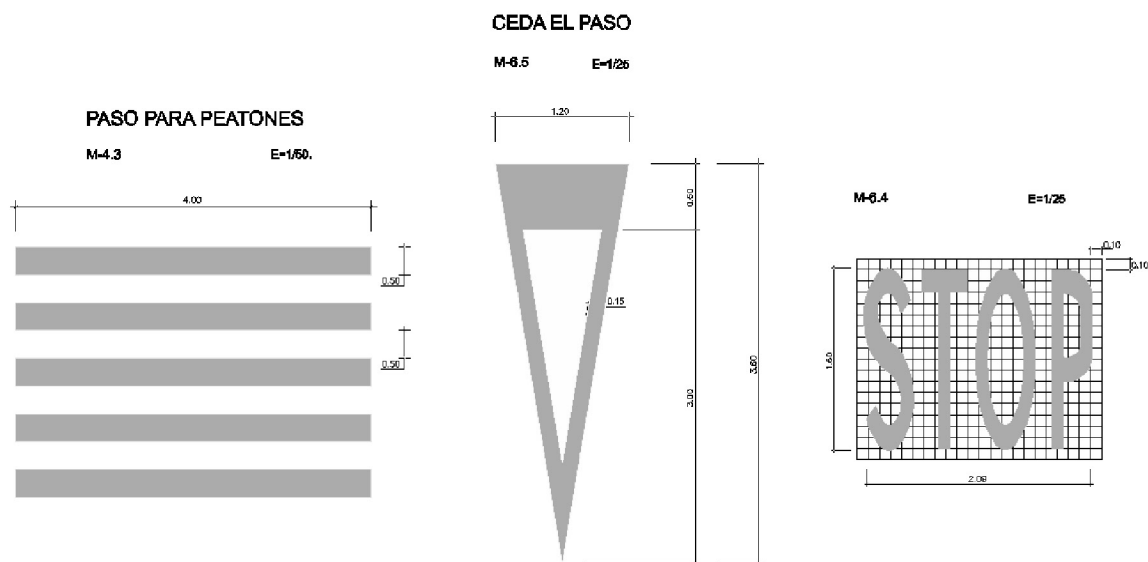


Figura 1.77 Detalle de un plano de rotulación de señales horizontales para los viales de un polígono industrial

1.4.3 Reglas generales de representación de esquemas

Ampliando los criterios que se han introducido en los dos apartados anteriores, se pueden dar algunas indicaciones, que sin ser obligatorias ni excluyentes, permiten tener algunos criterios básicos sobre los diferentes tipos de esquemas y sus utilidades:

- La forma habitual de trazar los esquemas es la representación plana. Cuando resulta importante indicar la situación relativa de algunos o todos los componentes de la instalación, se recurre al empleo del sistema multivista; o, incluso, a las representaciones en proyección directa axonométrica (véase, por ejemplo la norma UNE-EN ISO 6412-2:1995). Ambos tipos de representaciones pueden combinarse si se considera necesario.
- En un esquema se puede alterar a voluntad la escala y la disposición de los componentes representados. En general con la intención de obtener una representación más compacta (aunque sin pérdida de claridad), y/o con la intención de agrupar los componentes que forman parte de una unidad funcional dentro de la instalación.
- En algunos casos resulta conveniente completar la información del esquema añadiendo algún tipo de información dimensional. En tales casos, para la *ejecución* de las cotas se recurre a las formas de acotación estandarizadas (UNE 1039:1994, o ISO 129-1:2004). No obstante, dado que la información dimensional que debe incluirse en un esquema casi siempre es de situación de componentes, o de forma de los elementos de conexión (por ejemplo, las tuberías), los *métodos* de acotación suelen ser semejantes a los empleados en la norma específica de dibujos de construcción de «definición de armadura y ferralla» (UNE-EN ISO 3766:2004). De hecho, tal es la forma de acotación que se emplea en la norma ISO 6412-2:1995 de representación simplificada de tuberías.
- En el caso de que la simbología empleada en el esquema no sea normalizada, resulta imprescindible completar la representación con el correspondiente cuadro leyenda en el que se detalle el significado de cada uno de los símbolos empleados. Incluso, en el caso de emplear simbología normalizada, no es aconsejable limitarse a indicar, en el correspondiente cajetín, la norma de referencia de dicha simbología. Por el contrario, constituye una buena práctica reproducir en un cuadro leyenda las definiciones correspondientes a la totalidad de los símbolos empleados.
- Por su parte, también se debe incluir el correspondiente cajetín con el listado de componentes, referidos por la correspondiente marca a la representación esquemática. En caso de dibujos con poca densidad de información, el cajetín se puede sustituir, total o parcialmente, por una indicación sobre la propia representación (empleando la línea de referencia), para aquellos componentes que tengan indicaciones normalizadas definidas.
- Cuando la instalación presenta cierta complejidad y siempre que el proceso de funcionamiento tenga carácter cíclico o secuencial, se puede completar la representación esquemática con gráficas apropiadas que muestren las secuencias de actuación de los diferentes componentes.
- Con carácter general, en los esquemas deben evitarse los símbolos complementarios. Estos sólo se añadirán en los dibujos donde se requiera un mayor detalle de definición de los componentes para la correcta comprensión del funcionamiento. En caso contrario, la especificación detallada de dichos componentes se deja para la correspondiente indicación normalizada en la flecha de referencia o en el cajetín, o para los planos de conjunto y detalle del mencionado componente.
- En las representaciones esquemáticas se consideran los diferentes aspectos del funcionamiento de un equipo o instalación por separado. Así, por ejemplo, se representa el esque-

ma eléctrico de forma independiente del esquema cinemático. En el caso de que haya relaciones mutuas (un componente eléctrico gobernado por una cadena cinemática, etc.) se incluyen las correspondientes referencias (acompañadas de leyendas explicativas en casos más complejos). Si se considera fundamental para la comprensión del funcionamiento, se puede también recurrir a representar las partes de un esquema que influyen en el funcionamiento de otro (empleando la línea de trazo y doble punto de las «partes contiguas»).

A continuación vamos ilustrar estas reglas generales con ejemplos representativos de ámbitos en los que los esquemas son de uso frecuente.

1.4.4 Esquemas eléctricos y electrónicos

Las instalaciones eléctricas constan de diferentes elementos con comportamientos eléctricos particulares. Hay elementos que crean energía eléctrica, elementos que la consumen para diferentes propósitos como iluminar (bombillas), calentar (resistencias), elementos que la transforman o la almacenan, etc. También hay elementos que controlan el flujo eléctrico (interruptores, etc.). Por último, hay elementos de conexión entre ellos (principalmente cables). En consecuencia, las representaciones esquemáticas tienen la forma de *circuitos* que contienen símbolos específicos para los diferentes elementos o componentes y líneas que representan los cables que los interconectan (figura 1.78). Los símbolos que corresponden a los componentes más habituales están normalizados y no presentan ninguna característica particular digna de mención; salvo que en el año 2000 se anuló completamente la norma más antigua: UNE 20004 (1968-1976), de símbolos literales y gráficos y esquemas utilizados en electrotecnia. La norma anulada ha sido sustituida por UNE 21405 de símbolos literales a utilizar en electrotecnia.

Otra norma relacionada es UNE-EN 60417 de símbolos gráficos a utilizar sobre los equipos.

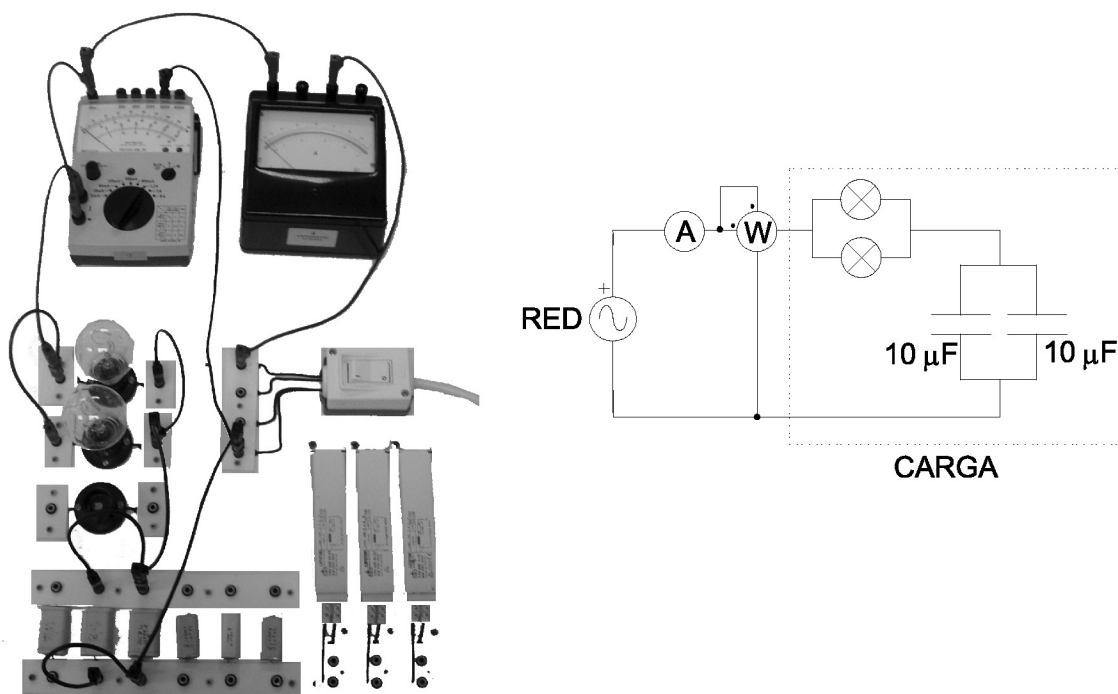


Figura 1.78 Fotografía de una instalación eléctrica de laboratorio (izquierda) y esquema funcional de la misma instalación (derecha)

Del mismo modo, la norma UNE 21326 (1974-1996) de esquemas, diagramas y cuadros utilizados en electrotecnia, definiciones y clasificación, también han sido anulada y sustituida por la norma actualmente vigente (UNE-EN 61082), que describe los documentos utilizados en electrotecnia. En particular, las partes 2 y 3 describen los esquemas. En cualquier caso, la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) es el organismo del que emanan las normas más importantes del sector, por lo que siempre hay que comprobar que las normas “genéricas” estén en consonancia con las específicas promulgadas por la CEI.

En el caso de los circuitos electrotécnicos, las líneas de flujo (el «cableado»), sí que presentan características particulares que dan lugar a diferentes representaciones específicas. Los diferentes niveles de detalle son habituales en la representación de las interconexiones en los esquemas de instalaciones eléctricas: se distingue entre representaciones *multifilares* y representaciones *unifilares*. En las primeras, el circuito eléctrico se representa completo, mientras que en las segundas una sola línea del esquema representa dos o más cables conductores. En ambos casos, coexisten planos que sólo contienen el circuito, con otros que añaden, mediante leyendas, información funcional de los componentes o del comportamiento eléctrico global (figura 1.79).

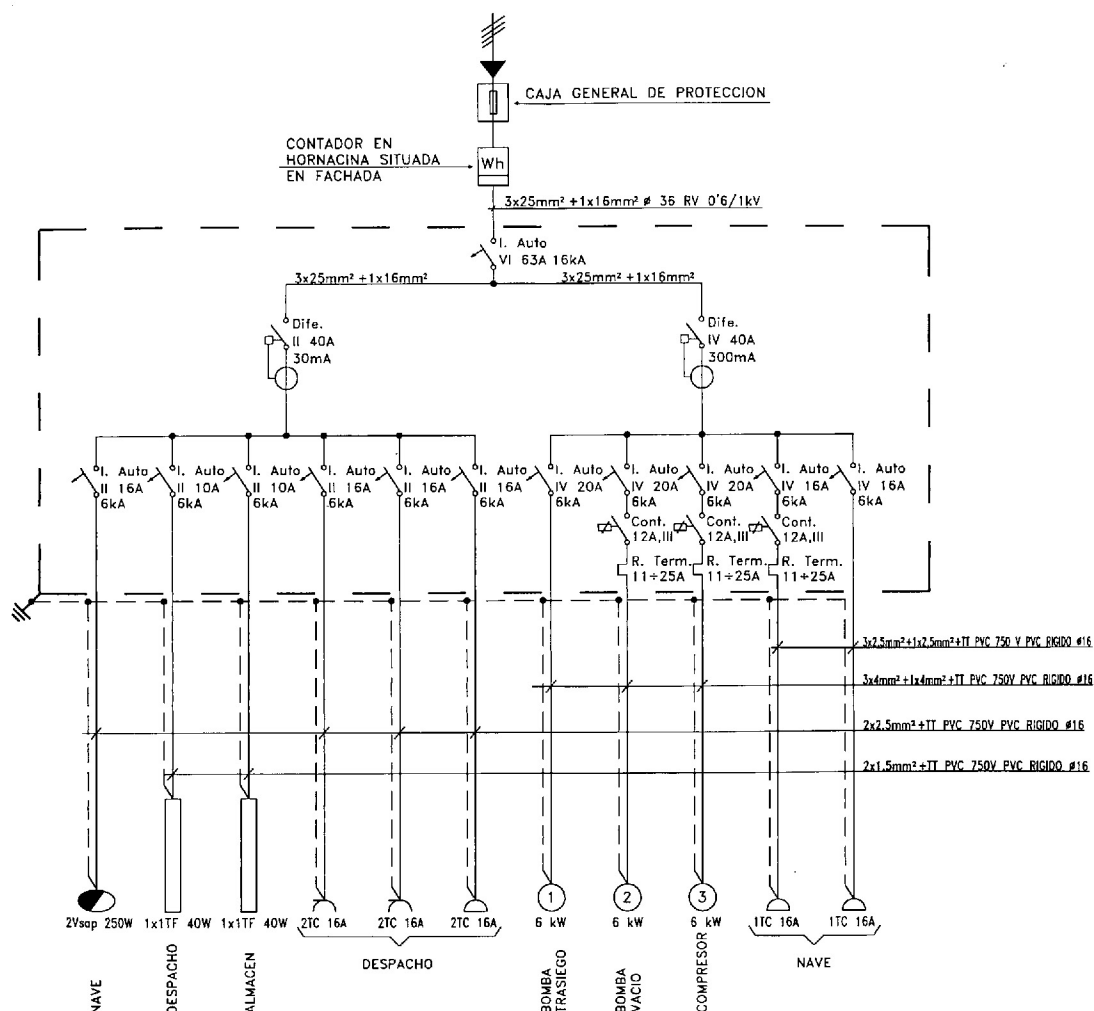


Figura 1.79 Esquema eléctrico unifilar (pero con la línea de tierra separada) de la instalación eléctrica de un laboratorio de investigación. A la derecha se pueden observar las leyendas que indican el detalle de cada una de las líneas

Otra distinción habitual en las instalaciones eléctricas es la que se hace entre la representación *funcional* y la *circuital*. La representación funcional es la que está más orientada al análisis del comportamiento, y que, por lo tanto altera la topología de la instalación real, es decir, modifica el esquema para reducir al mínimo los cruces de cables que se producen sin contacto eléctrico, y mostrar aspectos importantes como la disposición en serie o paralelo de los diferentes componentes de la instalación. La figura 1.79 es un ejemplo de representación funcional. Otra ventaja de esta disposición es que con una ordenación apropiada, el cajetín se puede vincular con el esquema sin necesidad de marcas (figura 1.80).

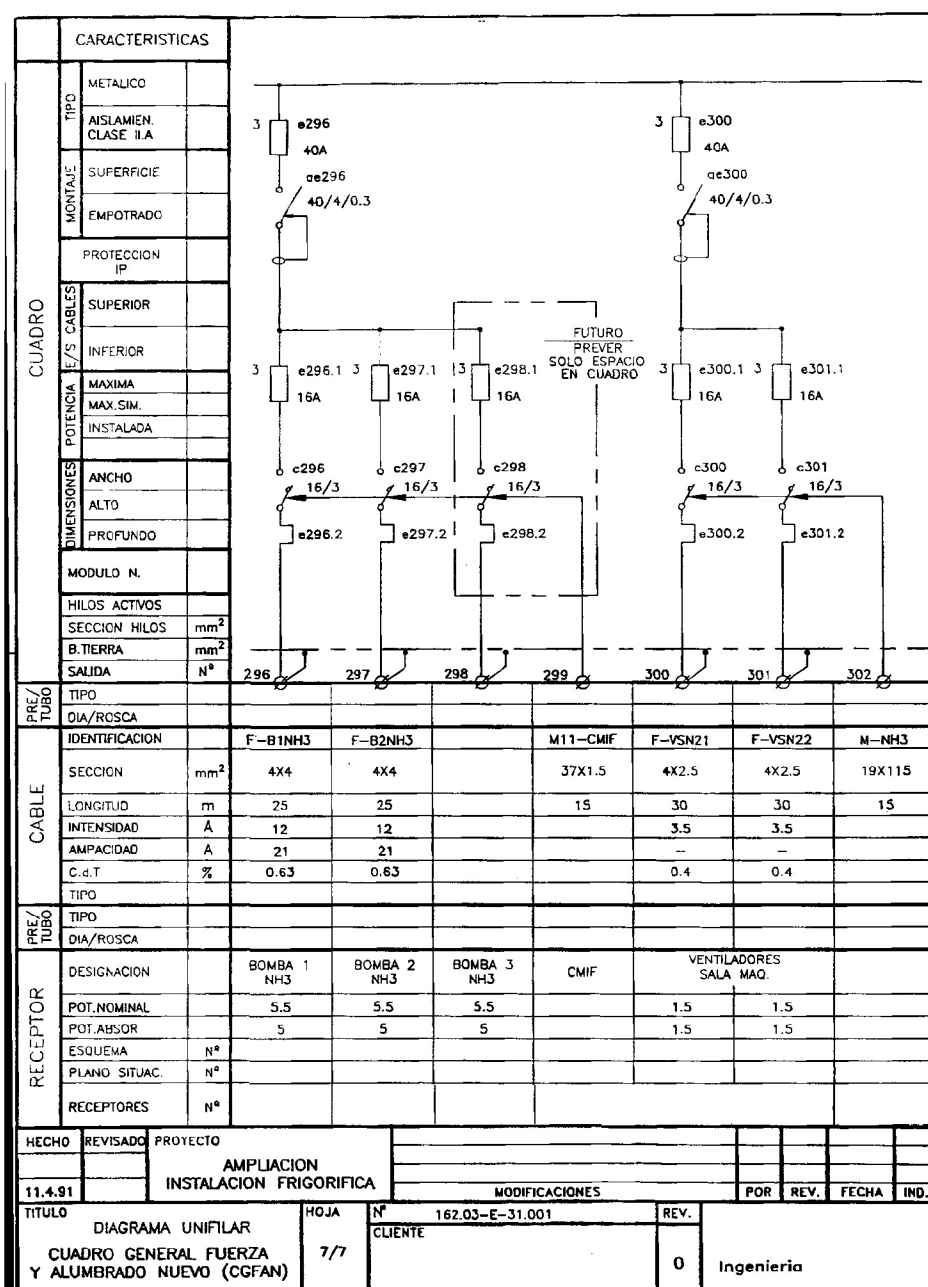


Figura 1.80 Detalle de un plano de esquema eléctrico funcional en el que se muestra una disposición «en matriz» del esquema eléctrico, para relacionar los elementos del esquema directamente con la información de los cuadros leyenda, sin necesidad de marcas

El otro tipo de esquemas que se emplea es el circuital (figura 1.81), que mantiene la ubicación espacial, o, al menos, la distribución en planta de los elementos de la instalación. Por tanto, es más apropiado para servir de guía al instalador, o incluso para que el diseñador de la instalación evalúe aspectos importantes de la misma; tales como los metros de cable que se necesitan (para determinar costes), o la accesibilidad a elementos de seguridad de la instalación (ergonomía, normas de seguridad e higiene, etc.).

Cuando la ubicación espacial es importante, se utilizan representaciones de tipo axonométrico o perspectivo (figura 1.82); en el resto de casos se añade el esquema eléctrico sobre la vista en planta de la máquina o edificio. En algunas ocasiones se emplean también alzados, vistas de perfil, o incluso cortes de la máquina o edificio para mostrar detalles de la instalación eléctrica.

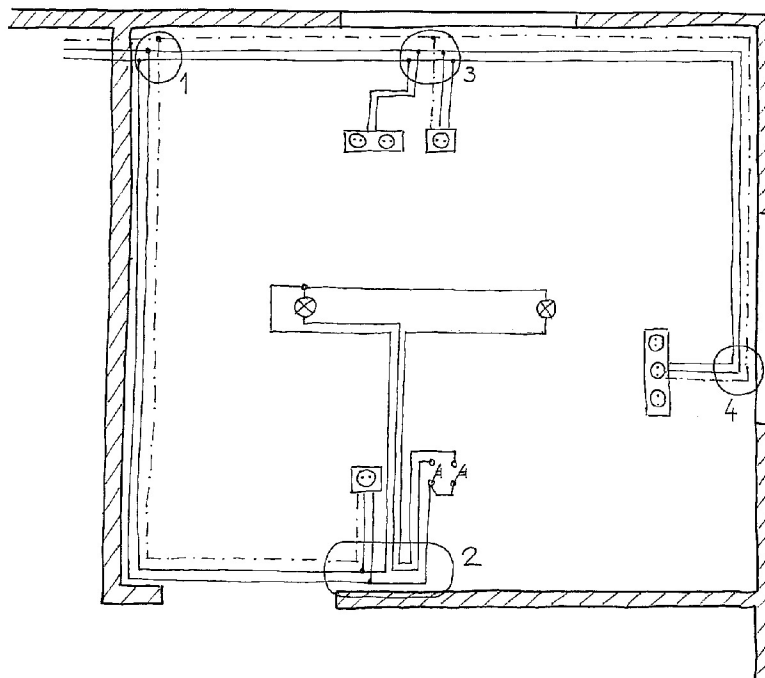


Figura 1.81 Esquema multifilar circuital de la instalación eléctrica de un despacho

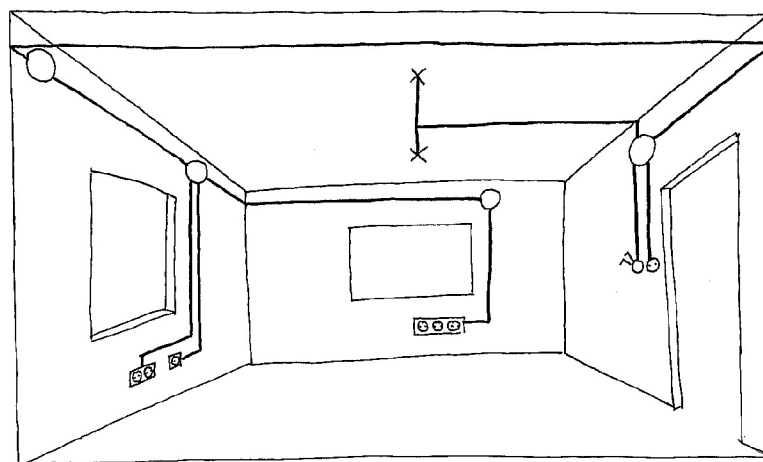


Figura 1.82 Esquema unifilar de situación tridimensional de la instalación eléctrica de un despacho

Las representaciones de montajes y equipos de electrónica de control utilizan los criterios descritos arriba para la electricidad de potencia. Algunas singularidades de este tipo de representaciones se han regulado mediante normas particulares, como las de representar funciones e instrumentación. Un ejemplo es la UNE 1096 de *funciones e instrumentación para la medida y la regulación de los procesos industriales. Representación simbólica*: parte 1 (1983) principios básicos; parte 2 (1991) extensión de los principios básicos, y parte 3 (1991) símbolos detallados para los diagramas de interconexión de instrumentos.

En la figura 1.83 se muestra el esquema del circuito electrónico de un sensor de proximidad por ultrasonidos. Se trata del circuito esquemático, que representa las conexiones eléctricas entre los distintos componentes, sin que la ubicación física en el esquema de cada componente tenga nada que ver con la ubicación final en la placa de circuito impreso. Este tipo de esquemas ayudan a diseñar y analizar el circuito apropiado.

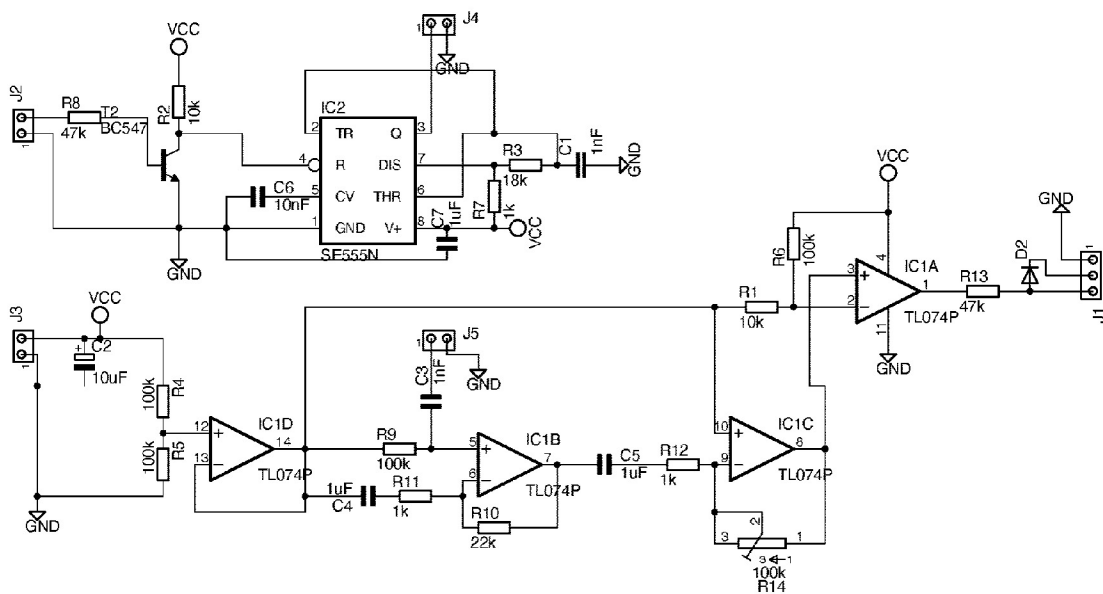


Figura 1.83 Esquema del circuito electrónico de un sensor de proximidad por ultrasonidos

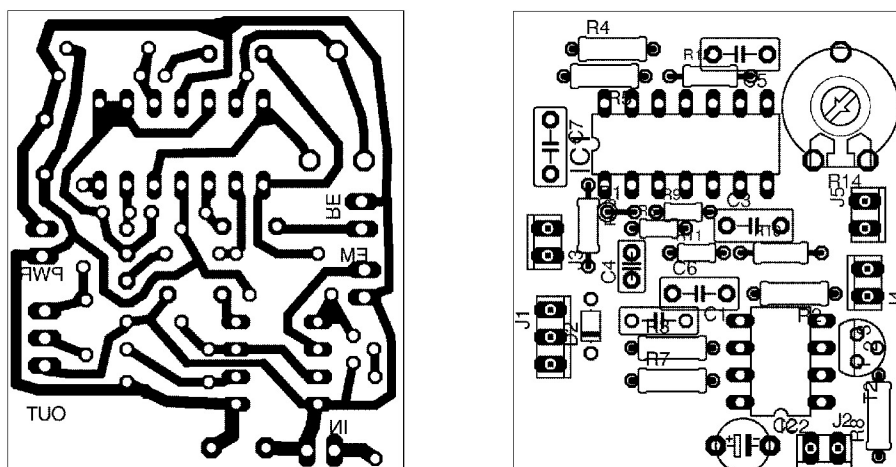


Figura 1.84 Máscara de las pistas de cobre de la parte inferior de la placa de circuito impreso de un sensor de proximidad por ultrasonidos (izquierda) y máscara de la serigrafía (derecha)

Los circuitos electrónicos son de menor tamaño que los circuitos eléctricos de potencia, por lo que las representaciones de tipo «cirtuitual» tienen características propias. Para fabricar el circuito, la topología y la geometría de las conexiones y los componentes son fundamentales. Se persiguen circuitos compactos, con el mínimo de cruces de pistas y con recorridos cortos de las pistas, entre otras características vinculadas a la geometría. Para estos propósitos, se utilizan otros dibujos; como la máscara de las pistas de cobre de la parte inferior de la placa de circuito impreso (figura 1.84 izquierda), que se utiliza para fabricar la placa de este circuito que es de una sola cara, o la máscara de la serigrafía (figura 1.84 derecha), que se utiliza como guía para ubicar los componentes en la placa, y como máscara para dibujar la serigrafía de la parte superior de la placa.

En la figura se muestra el esquema eléctrico del sistema de control de una máquina. En concreto se trata de las salidas digitales del autómata programable que controla la máquina. Algunas de esas salidas accionan la bobina de un relé, cuyos contactos ponen en marcha, paran o cambian el sentido de dos motores eléctricos. Otras salidas están conectadas a un variador de frecuencia, para controlar otro motor. Los elementos que tiene la hoja son:

- * Módulo de salidas digitales de un autómata programable.
- * Módulo de entradas de un variador de frecuencia.
- * Dos bobinas de relé de contacto simple.
- * Una bobina de relé de contacto doble.
- * Los contactos de dos de esas bobinas (los de la tercera están en otra página).
- * Dos reguladores de velocidad para los motores eléctricos.

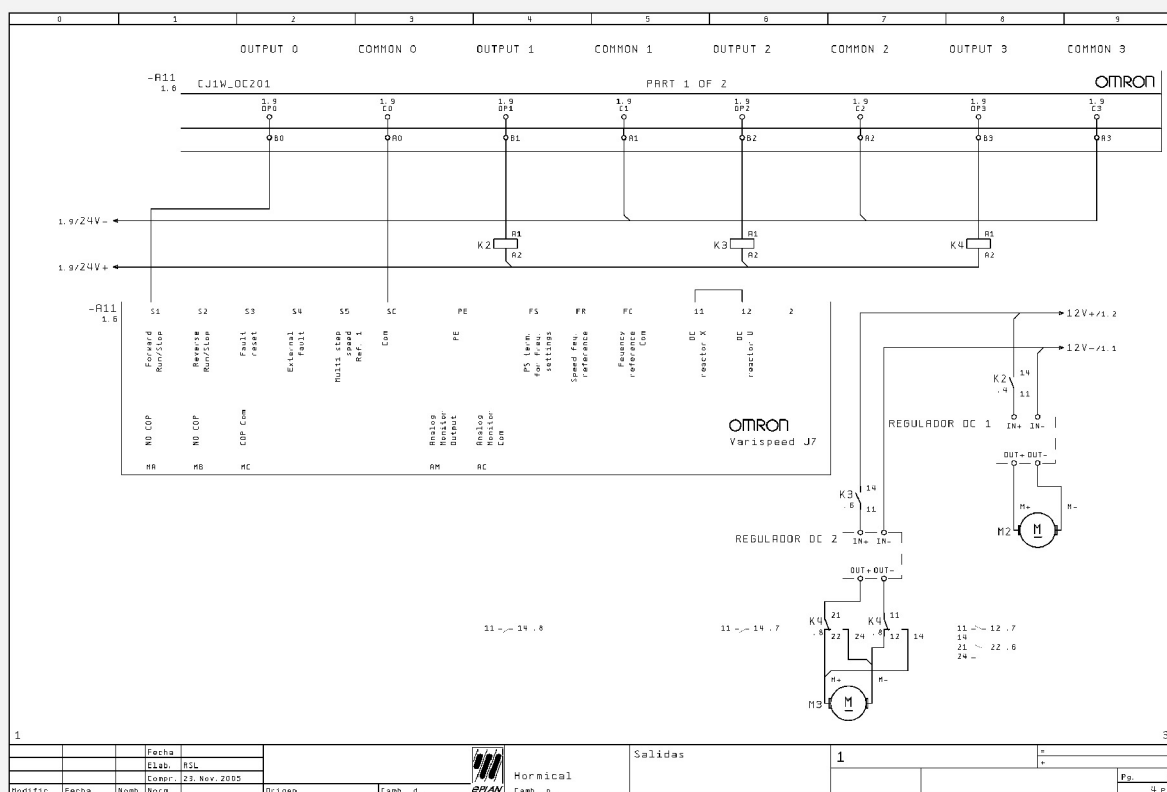


Figura 1.85 Esquema eléctrico de las salidas digitales del autómata programable que controla una máquina

Sobre los esquemas electrónicos en particular hay que hacer notar una situación que es frecuente en muchos ámbitos de la representación esquemática. Se trata de que no suele ser habitual realizar los esquemas con aplicaciones de dibujo por ordenador de propósito general. Por el contrario, se suelen utilizar aplicaciones específicas que tienen las ventajas de que la simbología propia de estos circuitos es fácilmente accesible desde el menú principal; que gestionan circuitos complejos que no se

pueden presentar en un sólo formato (figura 1.85) y ayudan además a la generación y optimización de la distribución de los elementos a partir del esquema, teniendo en cuenta las limitaciones geométricas indicadas para generar por ejemplo la máscara de pistas. Incluso empiezan a ser de uso frecuente otras aplicaciones más sofisticadas, que tienen la ventaja, mucho más importante, de que son capaces de simular el comportamiento de los circuitos dibujados, ayudando así al diseñador a analizar y comprobar la bondad de su diseño.

1.4.5 Esquemas hidráulicos

Es uno de los primeros ámbitos para los que se desarrollaron normas específicas, como la UNE 1062:1952 de signos convencionales para tuberías. Sin embargo, los símbolos han ido evolucionando y completándose. Por ejemplo, entre las normas más recientes, aunque ya anuladas sin una norma sustituta hasta la fecha, podemos destacar dos partes de una norma que desarrollan los símbolos propios de este ámbito: a) UNE 1102-1:1991, de instalaciones. Parte 1 (símbolos gráficos para fontanería, calefacción, ventilación y canalizaciones) y b) UNE 1102-6:1995 de instalaciones. Parte 6 (símbolos gráficos para sistemas enterrados de suministro de agua y saneamiento).

Las instalaciones de fluidos más clásicas son las que conducen a los fluidos a través de una red más o menos compleja de tuberías, y en las cuales las propias tuberías y sus elementos accesorios (codos, bifurcaciones, etc.) se representan con diferentes niveles de detalle (figura 1.86). Entre las normas más particulares podemos citar la UNE-EN ISO 6412-3:1996 de representación simplificada de tuberías. Parte 3: accesorios para los sistemas de ventilación y de drenaje (ISO 6412-3:1993).

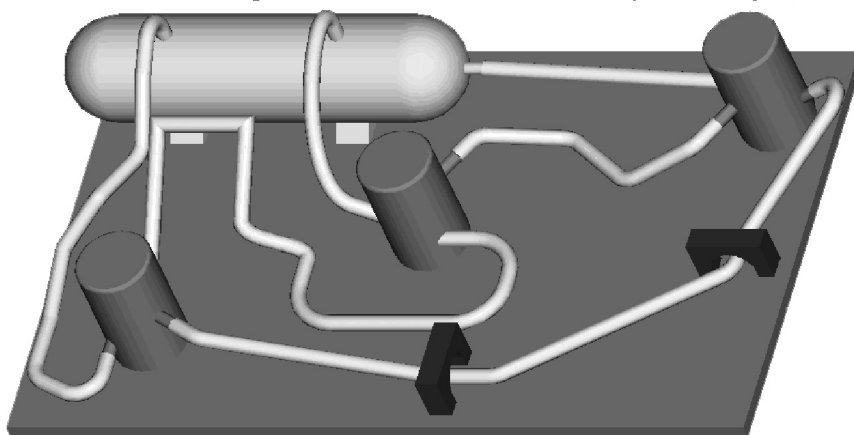


Figura 1.86 Diseño de tuberías para interconectar diferentes tanques, y cumplir algunas servidumbres (como la de pasar por debajo de los puentes marcados)

En consecuencia, se trata de un ámbito con una simbología propia muy extensa y muy asentada, que permite representaciones totalmente convencionales de las tuberías. Es decir, representaciones que muestran todos y cada uno de sus componentes montados, en lo que no deja de ser un tipo particular de dibujo de conjunto. Estas representaciones se utilizan para instalaciones pequeñas, o para mostrar detalles de instalaciones grandes (figura 1.87).

Desde la aparición de programas de diseño asistido especialmente orientados al diseño de instalaciones hidráulicas (*piping*) han aumentado las representaciones axonométricas de tipo realista (figura 1.88). Estas representaciones se obtienen fácilmente a partir de los modelos tridimensionales de las instalaciones y son de gran utilidad para los instaladores y los equipos de mantenimiento, porque muestran en tres dimensiones el recorrido de las tuberías y la ubicación de los diferentes componentes.

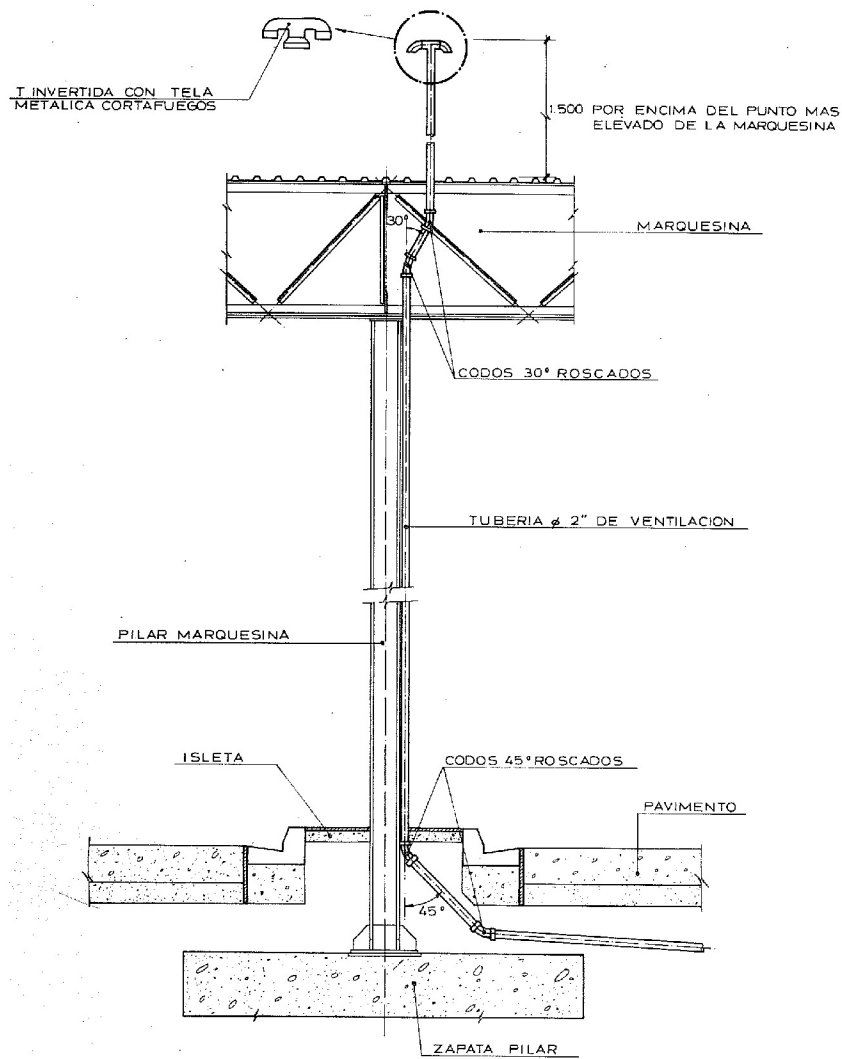


Figura 1.87 Detalle de tubería de ventilación del tanque de una gasolinera

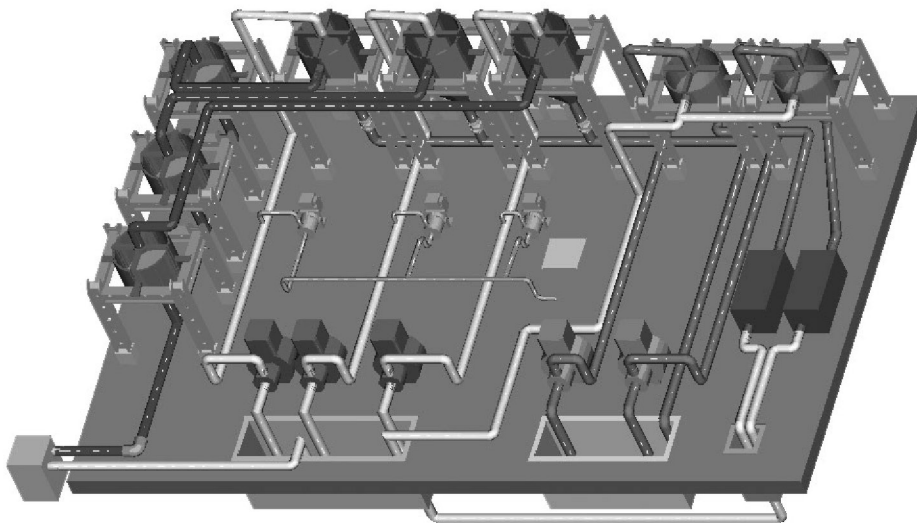


Figura 1.88 Representación axonométrica de una planta de depuración de aguas

Pero se siguen empleando los esquemas para estudiar el comportamiento de la instalación. La razón es que en los esquemas se puede representar todo el entubado (o *pipiing*) de una instalación compleja de forma que se destaque el funcionamiento de la instalación: las tuberías se simplifican hasta convertirlas en líneas y los diferentes componentes se representan mediante símbolos muy simples. En la figura 1.89 se muestra una instalación (en concreto un planta de nanofiltración) representada de forma convencional. Por el contrario, en la figura 1.90 se muestra un esquema simple de la instalación que transmite información muy útil sobre su funcionamiento de forma mucho más simple.

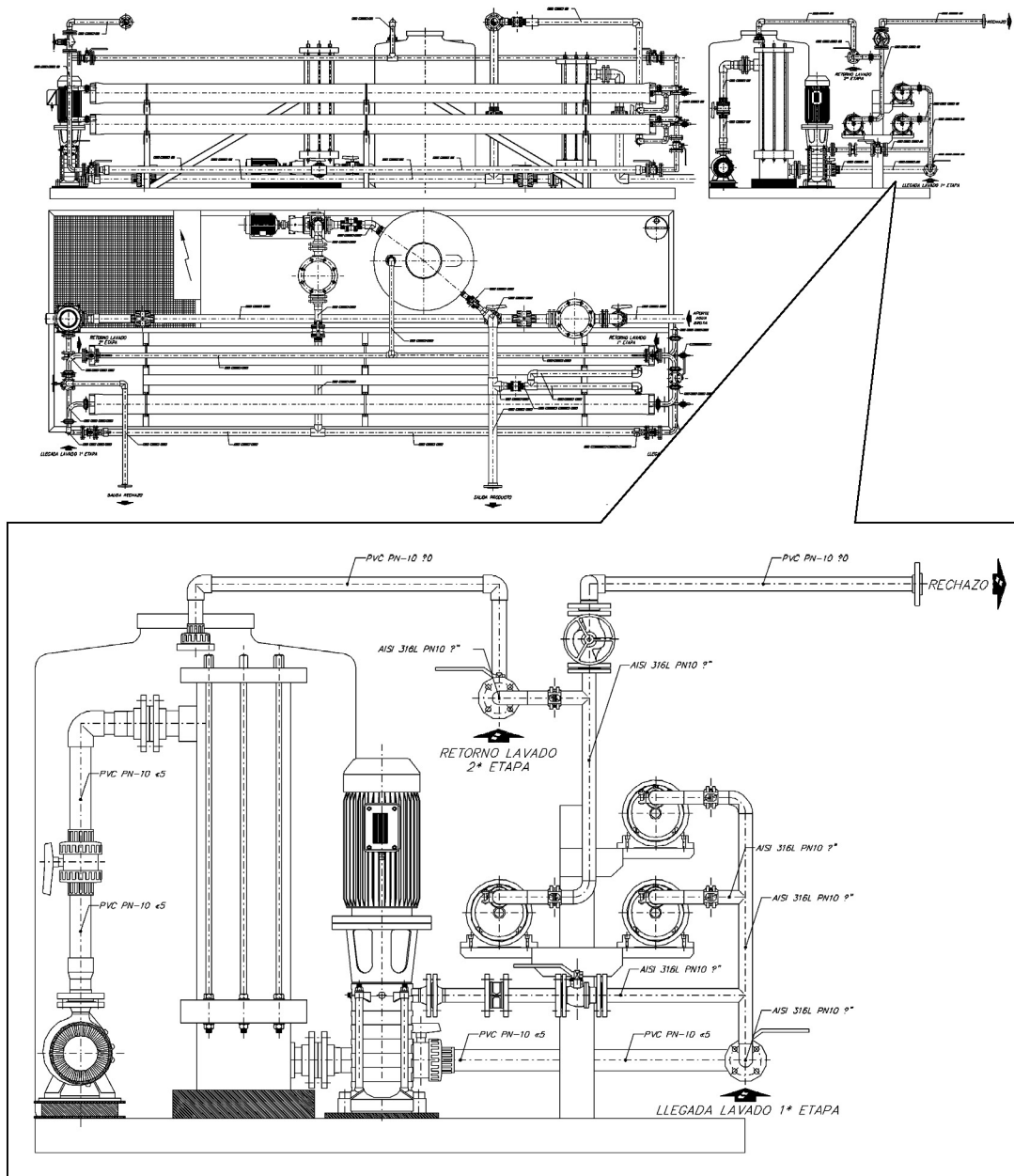


Figura 1.89 Representación convencional del entubado de una planta de nanofiltración de aguas. Arriba se muestran las tres vistas principales, y abajo se muestra el perfil a mayor escala

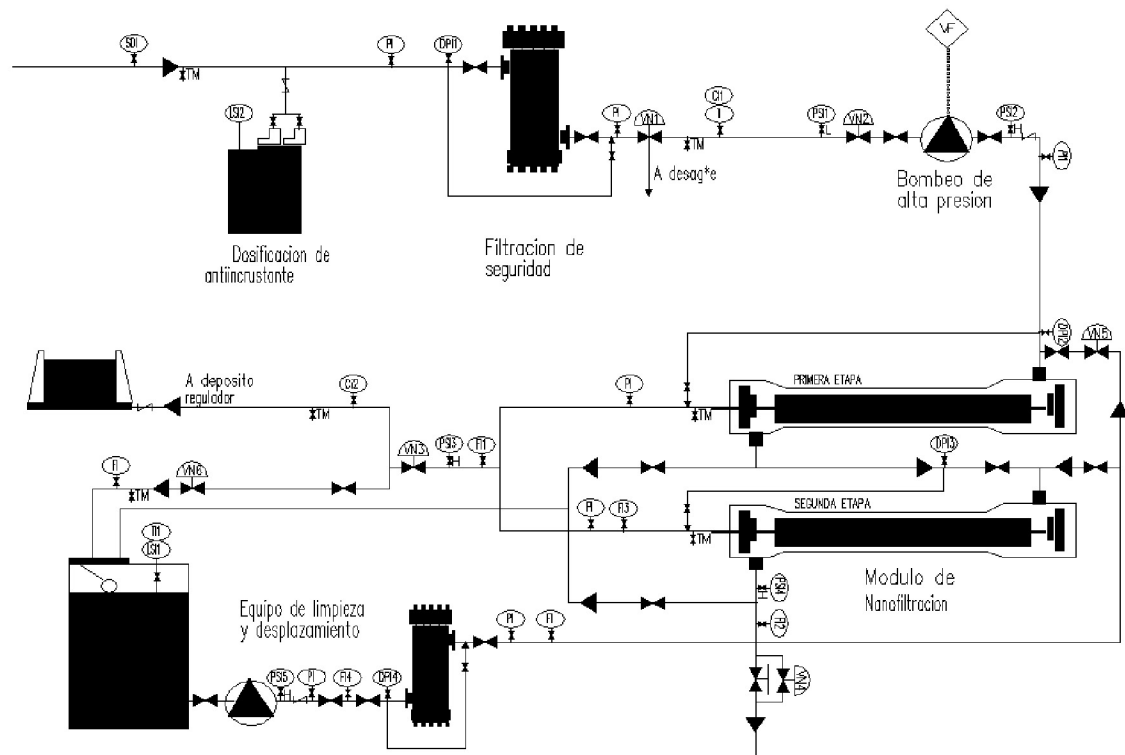


Figura 1.90 Representación esquemática del entubado de una planta de nanofiltración de aguas

En el ámbito de las instalaciones de fluidos también hay representaciones de componentes menos estandarizados. Las arquetas, canaletas, sumideros y otros componentes de los sistemas de desagüe de solares o edificios tienen formas y disposiciones singulares. No se trata de elementos prefabricados que se ensamblan (como ocurre con las válvulas y otros elementos semejantes). Por el contrario, se trata de componentes que se construyen a pie de obra y se adaptan a las singularidades de cada obra. En consecuencia, para mostrar la distribución de los diferentes componentes de una instalación de este tipo se utilizan vistas en planta con representaciones esquemáticas. Pero, a diferencia de las representaciones esquemáticas que sirven para estudiar el funcionamiento, en esas representaciones esquemáticas la topología de la instalación se conserva, puesto que el esquema sirve como plano de ubicación en obra de los diferentes componentes y sirven para conocer sus dimensiones principales (figuras 1.91). Estas representaciones se completan con los correspondientes cuadros leyenda, que sirven para explicar el significado de los símbolos empleados y que también sirven para incluir indicaciones de puesta en obra (figura 1.92).

De hecho, cuando las explicaciones que se añaden en el cuadro leyenda siguen siendo insuficientes, la representación se completa con dibujos de detalle de los diferentes componentes (figura 1.93). En resumen, este tipo de representaciones combinan esquemas y cuadros leyenda con detalles constructivos y explicaciones de puesta en obra.

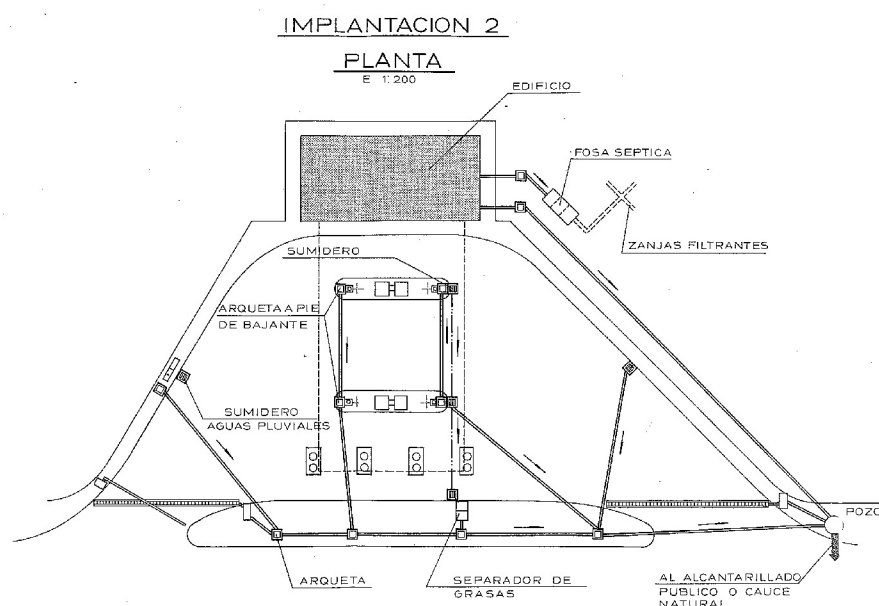


Figura 1.91 Esquema de implantación de desagües de una gasolinera

CONCEPTO	SIMBOLOGIA	CONCEPTO	SIMBOLOGIA
ARQUETA A PIE DE BAJANTE: FORMADA POR SOLERA DE HORMIGON EN MASA DE 10 CMS DE ESP. Y FORMACION DE PENDIENTES Y RECIBIDO DE BAJANTE DEL MISMO MATERIAL, MURO APAREJADO DE LADRILLO MACIZO, ENFOSCADO CON MORTERO DE CEMENTO Y BRUÑIDO, CON ANGULOS REDONDEADOS Y TAPA DE H A		TUBERIA: DE FUNDICION DUCTIL Ø 200 MM INCLUSO CODOS, PIEZAS ESPECIALES IDEM IDEM.	
ARQUETA DE PASO: FORMADA POR IDEM A LA ANTERIOR		SEPARADOR DE GRASAS: DE 1500x2800 COMPUESTO POR DOS CAMARAS, CON TAPA REJILLA DE 600x600 MM Y TAPA CIRCULAR TIPO CAMPSA DE 540 MM Ø DE FUNDICION, FORMADO POR IDEM IDEM AL ANTERIOR.	
ARQUETA DE ENCUENTRO CON CANALETA: FORMADA POR IDEM IDEM A LA ANTERIOR		SUMIDERO DE AGUAS PLUVIALES: DE 640x760 MM, FORMADO POR REJILLA Y MARCO DE FUNDICION, PIEZA ESPECIAL DE FIBROCEMENTO DE Ø 150 MM CON TAPON DE REGISTRO Y SOLERA, MUROS Y ENTROQUE DE HORMIGON EN MASA	
CANALETA PARA RECOGIDA DE LLUVIA: FORMADA POR SOLERA Y MUROS DE HORMIGON ARMADO CON MALLAZO #Ø5/0.15 Y REJILLA SUMIDERO CON REDONDOS Ø20 Y CERCO CON L 40x40x6 MM		COLECTOR: ENTERRADO DE HORMIGON CON JUNTA MACHIHEMBRA REALIZADO EN ZANJA RELLENA POR TONGADAS DE 20 CMS CON TIERRA EXENTA DE ARIDOS, CORCHETE DE HORMIGON DE 20 CMS DE ANCHO Y 5 CMS DE ESPESOR EN LAS JUNTAS, SOLERA DE 15 CMS Y RECALCE DE 5 CMS DE HORMIGON EN MASA.	
POZO DE REGISTRO: FORMADO POR SOLERA Y FORMACION DE PENDIENTES DE HORMIGON EN MASA, ENFOSCADO CON MORTERO Y BRUÑIDO, TAPA CIRCULAR DE FUNDICION, CERCOS, PATES SEPARADOS 30 CMS, MURO APAREJADO DE 25 CMS DE ESPESOR DE LADRILLO MACIZO		ZANJA FILTRANTE: DE 0.70 MTS DE ANCHO, EN LA CUAL IRA UBICADO EL TUBO DE DESAGÜE DE LA FOSA SEPTICA TIPO POROSIT, DE 0.20 MTS Ø RODEADO DE UNA CAPA DE 0.50 MTS DE GRAVA DE 0.06 MTS, OTRA CAPA ENCIMA DE 0.15 MTS DE ARENA DE RIO, Y POR ULTIMO UN RELLENO DE TIERRA VEGETAL HASTA EL NIVEL DEL TERRENO.	
TUBERIA: DE ACERO Ø 200 MM DE 6 MM DE ESPESOR PARA RECOGIDA DE AGUAS HIDROCARBURADAS		FOSA SEPTICA: PREFABRICADA, CIMARME O SIMILAR, CONSTITUIDA POR UN NÚMERO DETERMINADO DE MODULOS DE 150x100 MTS DE HORMIGON ARMADO Y ALIGERADO. EL INTERIOR ESTARA DEBIDAMENTE COMPARTIMENTADO	

Figura 1.92 Cuadro leyenda de símbolos empleados en el esquema de implantación de desagües de una gasolinera. Incluye explicaciones de puesta en obra de los diferentes componentes

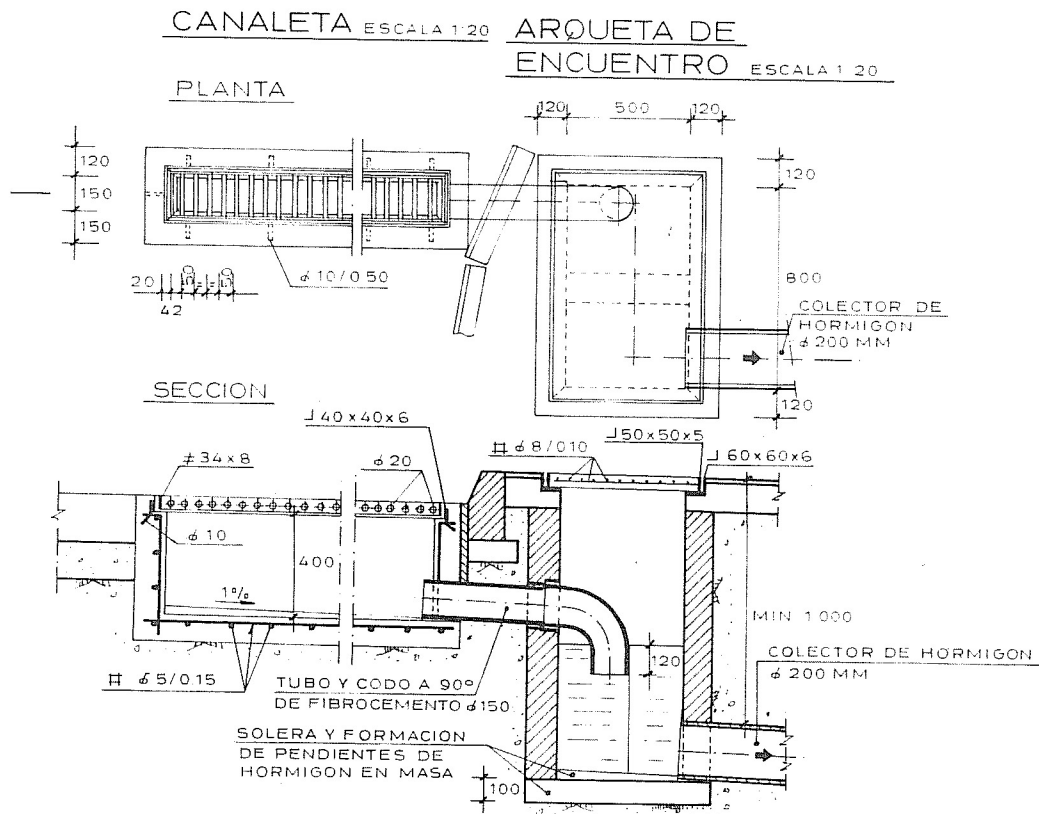


Figura 1.93 Detalle de construcción de la canaleta de desagüe y la arqueta de encuentro

1.4.6 Esquemas neumáticos y oleohidráulicos

La neumática aprovecha la transmisión de energía a distancia por medio de un gas (compresible), mientras que la hidráulica estudia la transmisión de energía a distancia por medio de un líquido (teóricamente incompresible). En ambos casos, el aprovechamiento de la energía se consigue mediante circuitos por los que circula el fluido que pasa por los actuadores, que son los componentes que aprovechan la energía para realizar movimientos secuenciales o desarrollar trabajo mecánico. Los circuitos se completan con elementos de comando, que controlan y dirigen el flujo. En consecuencia, la representación de estas instalaciones se realiza mediante circuitos. Los circuitos hidráulicos pueden ser abiertos o cerrados. En los circuitos abiertos, el fluido circula desde un depósito hasta la bomba, que lo envía a presión a los órganos actuadores. Luego vuelve al depósito. En los circuitos cerrados no existe depósito, el fluido circula desde la bomba hasta los actuadores y regresa de nuevo a la bomba. Por ejemplo, en la figura 1.94 vemos un circuito simple en el que una bomba impulsa al fluido del depósito para accionar un pistón, de forma que el eje del pistón mueve algún mecanismo o transmite una fuerza. El circuito tiene intercalada una válvula que controla el flujo para hacer que el fluido entre por el lado apropiado del pistón y lo desplace en el sentido deseado.

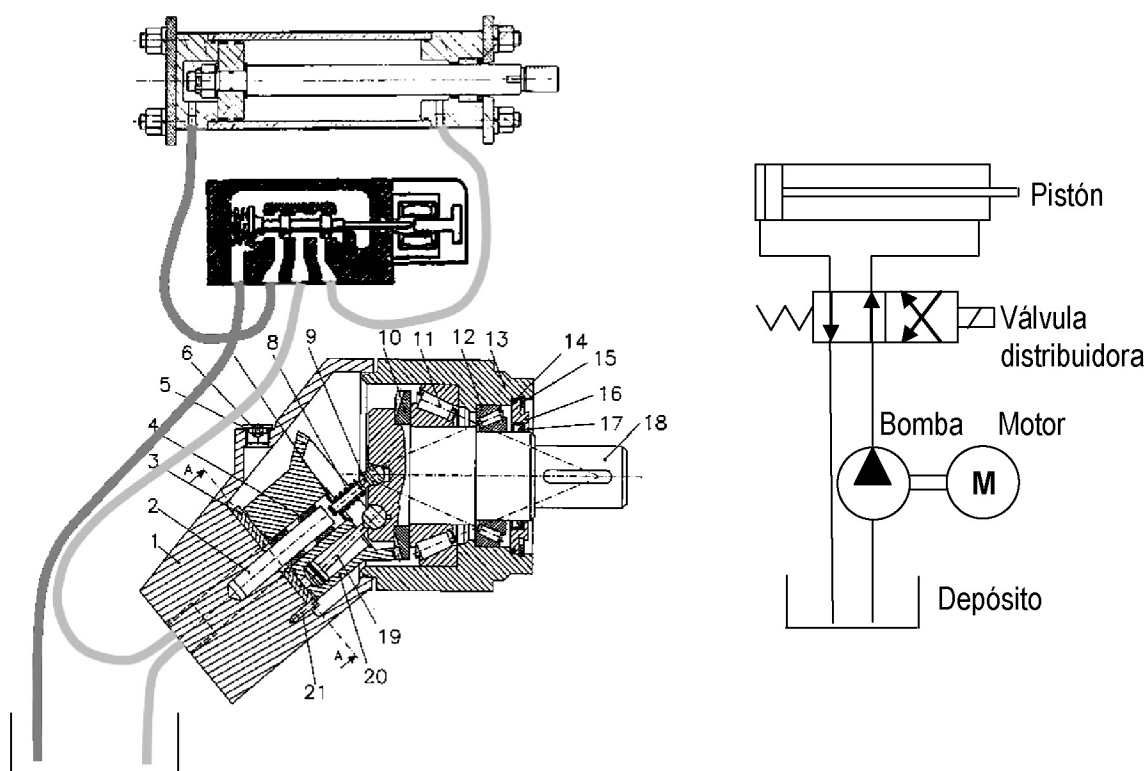


Figura 1.94 Representación convencional (izquierda) y esquema hidráulico simple (derecha) de una instalación hidráulica en la que el accionamiento de un pistón por una bomba es gobernado por una válvula distribuidora

En general, las soluciones constructivas de los componentes que se emplean tanto en circuitos neumáticos como hidráulicos requieren buenas calidades de fabricación, porque las presiones de los fluidos hacen inevitables las fugas por las juntas, sobre todo de los actuadores con partes móviles, tales como el eje del pistón de la figura 1.94. En circuitos de aire comprimido se emplean presiones de 6 a 10 bar, mientras que en la hidráulica se superan presiones de 500 bar. En consecuencia, la hidráulica permite obtener mayores velocidades y permite ejercer fuerzas más grandes que la neumática. A cambio, las pérdidas por fuga son mayores e influyen más en el funcionamiento de los circuitos hidráulicos. Las instalaciones también son más peligrosas, porque los líquidos, que suelen ser aceites minerales, cuando se fugan a grandes presiones pueden provocar riesgos de incendio.

No obstante, para estudiar el funcionamiento de los circuitos, se olvidan las soluciones constructivas y se recurre a representaciones esquemáticas que ocultan tanto la forma y como las soluciones constructivas de los componentes, y destacan el funcionamiento global de la instalación. Por tanto, los diferentes componentes se representan mediante símbolos que siguen los criterios generales descritos en los apartados de símbolos y signos, y reglas generales de representación de esquemas. También se modifica la topología de la instalación a voluntad, por lo que se obtienen auténticos esquemas «funcionales» (figura 1.95).

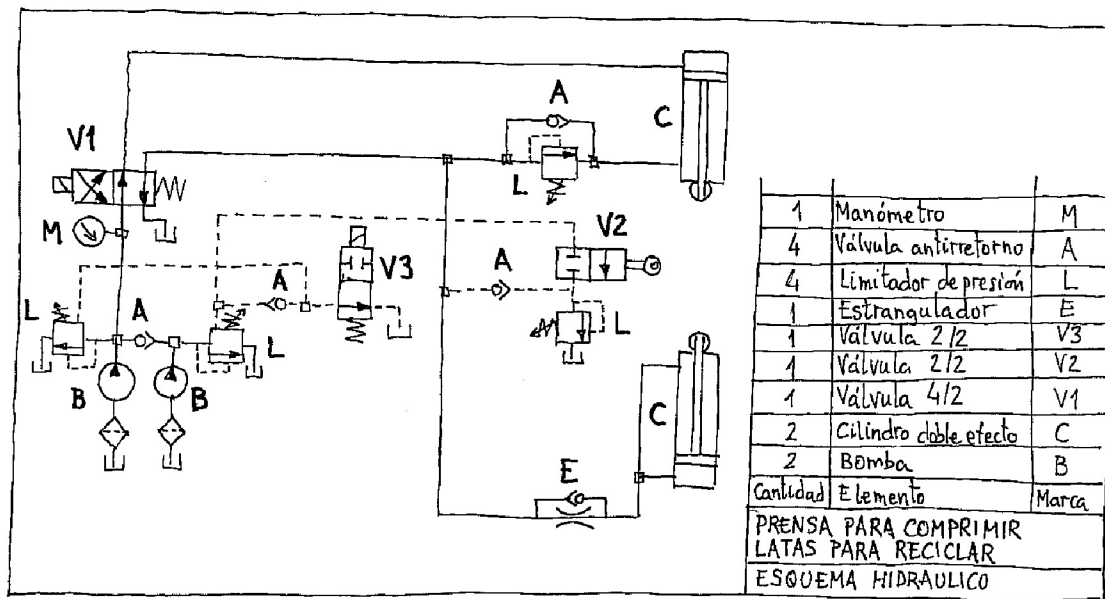


Figura 1.95 Esquema hidráulico funcional de una prensa

Los esquemas están exhaustivamente normalizados, porque en este ámbito también existe un organismo internacional cuya normativa hay que conocer y compatibilizar con la normativa genérica. Se trata del CETOP, que es el Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicos y Neumáticas. Hay 15 países asociados a través de más de mil compañías europeas, incluyendo algunas líderes en el sector. En el contexto de este libro, la norma más relevante es CETOP RP 33. En cuanto a las normas genéricas, las más importantes son ISO 1219, DIN 2430 e ISO 5784. La normativa UNE sobre el tema está recogida en UNE 101149:1986 (basada en ISO 1219:1976) de transmisiones hidráulicas y neumáticas. Símbolos gráficos. Símbolos gráficos para uso en dibujos, esquemas y planos de ingeniería mecánica y de construcción, y en la documentación técnica de productos relacionados. Transmisiones hidráulicas y neumáticas en general. Fue modificada por UNE 101149:1987 ERRATUM.

Como resumen de estas normas, hay que tener en cuenta que una instalación oleohidráulica o neumática está formada principalmente por componentes de trabajo (actuadores neumáticos) y diferentes tipos de componentes de señalización y mando (válvulas y terminales de válvulas).

En los componentes de trabajo, la energía del aire o el aceite comprimido se transforma en movimiento o fuerza. En los cilindros neumáticos se transforma la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo. Los motores neumáticos transforman la energía neumática en movimiento de giro mecánico y energía mecánica de rotación. El proceso se desarrolla de forma inversa a la compresión.

Las válvulas son los componentes que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y el flujo (presión y caudal) del fluido. Según su función las válvulas se subdividen en: 1) válvulas de vías o distribuidoras; 2) válvulas de bloqueo; 3) válvulas de presión; 4) válvulas de caudal, y 5) válvulas de cierre.

Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados. La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de posiciones de la válvula distribuidora. El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros) mediante líneas (que representan tuberías o conductos) y flechas (que indican el sentido de circulación del fluido). Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales. La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto. Las conexiones (entradas y salidas)

se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.

Además de los esquemas funcionales, se suelen emplear también diferentes tipos de esquemas circuitales, e incluso planos de situación. Por ejemplo, en los dibujos de conjunto de máquinas o instalaciones con parte neumática u oleohidráulica, se muestra la localización de los componentes accionados, pero sin entrar en detalles ni de sus conexiones ni de su funcionamiento (figura 1.95). Estos dibujos «de situación» se hacen siguiendo las reglas generales de dibujos de conjunto.

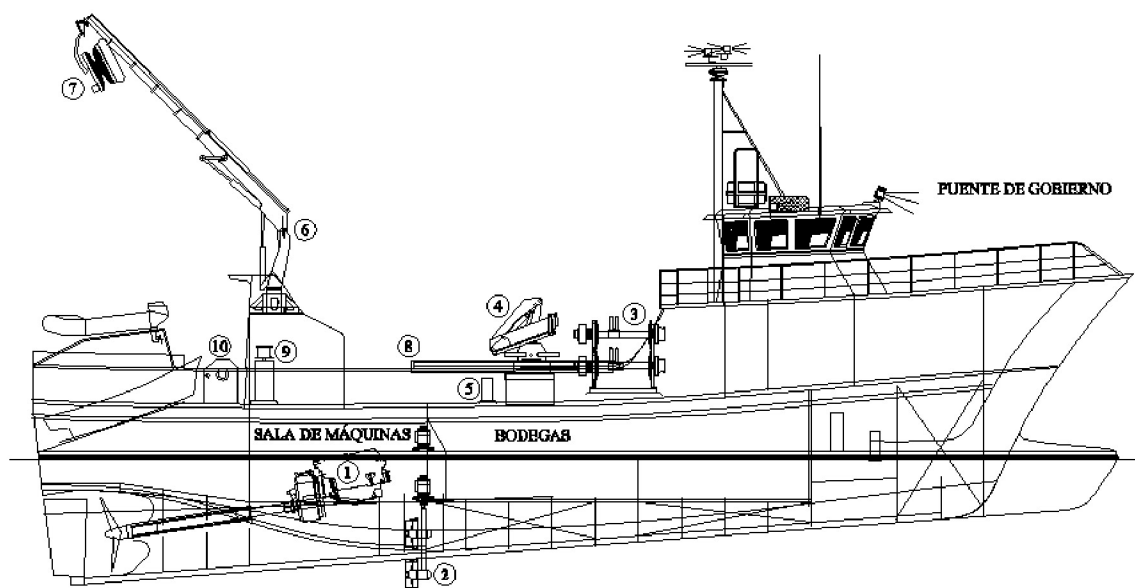


Figura 1.96 Vista general de un barco pesquero, en el que se muestra la maquinaria de pesca y de maniobra accionada mediante circuitos oleohidráulicos. (Fuente: R. Cancho y Talleres Blanchadell S.L.)

Estos dibujos de localización, se completan con esquemas circuitales de cada uno de los circuitos particulares. Estos esquemas circuitales se diferencian de los funcionales en que respetan la topología de la instalación, y pueden ir acompañados de alguna información sobre la localización (figura 1.97).

Para entender el funcionamiento de los circuitos hidráulicos suele ser importante la secuencia de funcionamiento de los diferentes componentes, y los diferentes «estados» por los que pasa la instalación durante su funcionamiento. Por ello, en ocasiones, los esquemas funcionales se completan con diagramas de fases y tiempos que muestran la secuencia de accionamiento y otros aspectos relevantes para analizar el comportamiento del circuito.

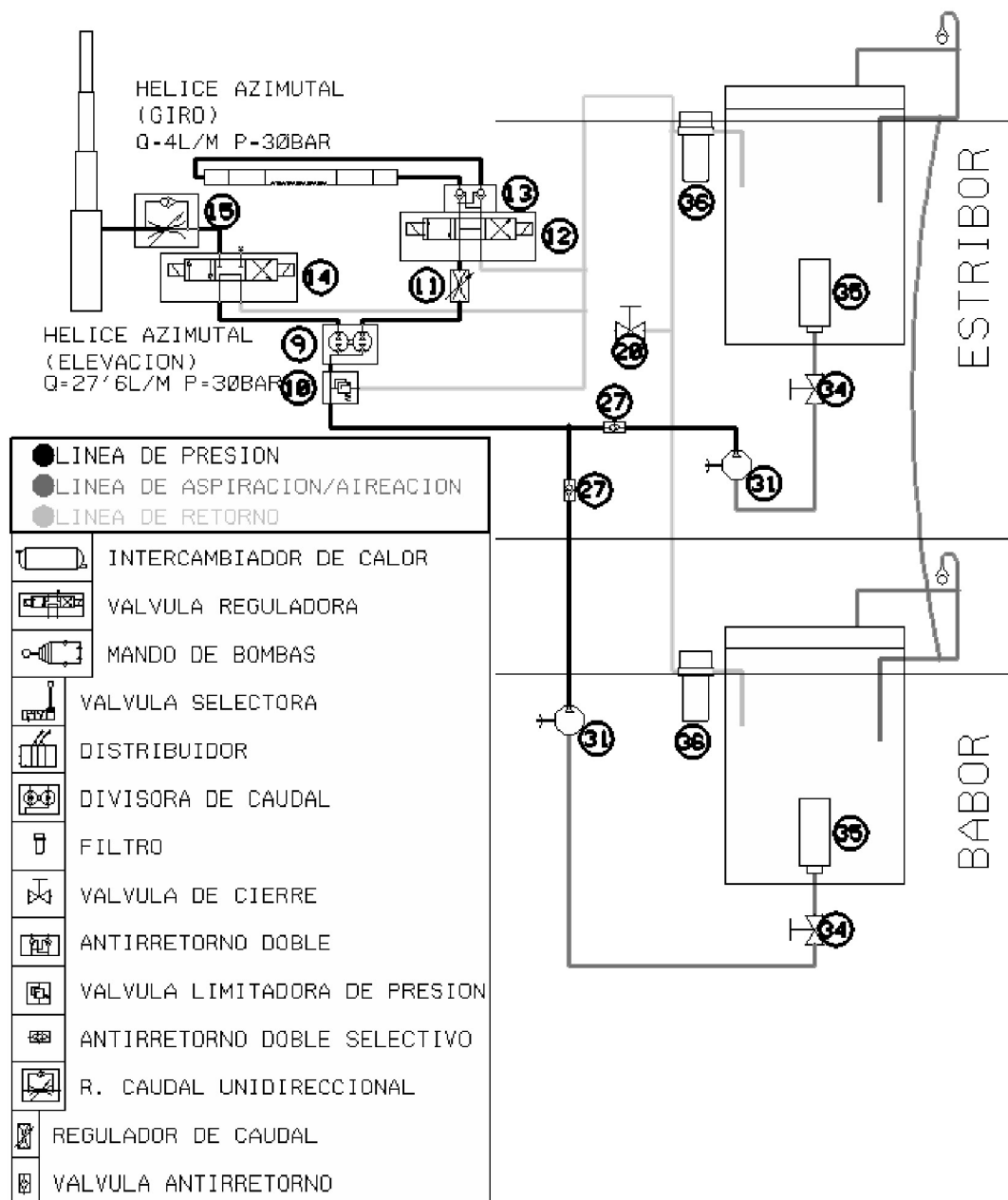


Figura 1.97 Detalle del esquema del circuito oleohidráulico de control de la hélice de maniobra del barco pesquero. (Fuente: R. Cancho y Talleres Blanchadell S.L.)

1.4.7 Esquemas mecánicos

Las máquinas y mecanismos se diferencian de los conjuntos rígidos en que son ensamblajes de piezas con capacidad de movimiento relativo entre ellas. La modelización mecánica se ocupa de identificar esta movilidad como parte importante del proceso de concepción o verificación del comportamiento cinemático (relativo al movimiento), estático (relativo a las fuerzas) o dinámico (ambos). Atendiendo a la singularidad que supone tener en cuenta su movilidad relativa, los componentes de las máquinas se pueden agrupar en un conjunto reducido de tipologías: a) elementos de

soporte (por ejemplo los bastidores); b) elementos de unión (tornillos, pernos, pasadores, etc.); c) elementos de transmisión (árboles, bielas, etc.) y d) elementos de control.

Las diferentes formas de unión entre piezas son las que dan lugar a que al ensamblar se obtengan sólidos rígidos o máquinas. En este contexto es importante distinguir entre *piezas* y *miembros*. Una pieza es cada una de las partes que forman un conjunto. Cuando varias piezas se unen de forma rígida, sin movimiento posible, dan lugar a un miembro. Si todo el conjunto carece de movilidad, el miembro coincide con el todo y se denomina conjunto rígido. Si su función es soportar cargas se denomina estructura.

El empleo de uniones articuladas (con capacidad de movimiento relativo entre las piezas unidas) no conduce necesariamente a que el ensamblaje final sea una máquina. Por ejemplo, tres barras unidas mediante articulaciones dan lugar a una estructura (figura 1.98 izquierda). El resultado es el mismo si en lugar de barras se usan miembros complejos (por ejemplo, el armazón de la figura 1.98 derecha).

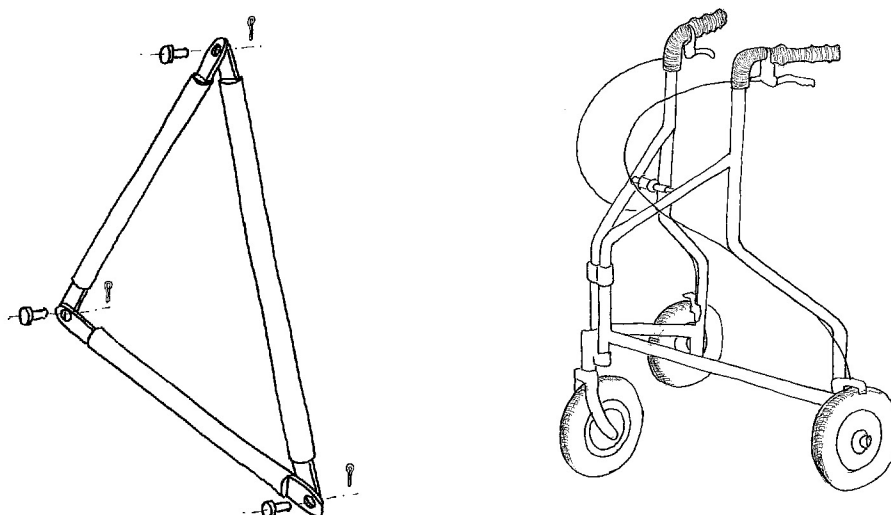
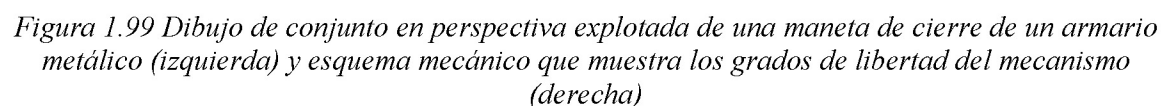


Figura 1.98 Estructura rígida obtenida mediante uniones articuladas de tres barras (izquierda) y andador plegable con estructura rigidizable al fijar el tercer miembro (derecha)

También hemos visto que se pueden ensamblar piezas de forma que el conjunto resultante tenga posibilidad de movimiento relativo: el rodamiento es un ejemplo típico de ello.

Para estudiar el movimiento relativo de los miembros de un conjunto, las representaciones basadas en los principios generales de representación no son útiles. El convencionalismo de representar mediante línea de trazo y doble punto las posiciones extremas de los miembros móviles es interesante para completar el diseño de detalle de los mecanismos (por ejemplo para el estudio de interferencias y colisiones), pero es demasiado complejo para la fase de análisis y síntesis del mecanismo. Es preferible recurrir a representaciones que muestren sólo los movimientos relativos de la máquina, ocultando detalles de las piezas que la componen. Esto se consigue mediante esquemas mecánicos. En ellos, cada miembro de la máquina se muestra simplificado y se resaltan los contactos con movimiento relativo entre los diferentes miembros.

Se denomina *par cinemático* al conjunto formado por dos miembros de una máquina entre los que existe un contacto que permite el movimiento relativo entre ellos. En la figura 1.99 (izquierda) tenemos un par cinemático formado por el miembro «manivela-pestillo» y el miembro «base», cada uno de los cuales está ensamblado a partir de varias piezas. En la figura 1.99 (derecha) se muestra el esquema mecánico del conjunto.



El otro tipo de esquemas mecánicos son los que sí que resaltan los pares cinemáticos de las máquinas y sus movimientos, pero sin hacer referencia a las configuraciones particulares de los miembros. La figura 1.99 derecha es un ejemplo simple. En la parte 1 de UNE-EN ISO 3952 se describe la simbología apropiada para este tipo de esquemas.

El conjunto de la figura representa el sistema mecánico de accionamiento de los discos de la barredora de un pequeño camión de limpieza urbana. Se trata de los bocetos de la fase de diseño conceptual, por lo que se muestran, para compararlos, tres sistemas distintos:

- **Sistema A (Tren de engranajes).** La rueda dentada marca 1 es accionada por medio de un motor-variador. Dicha rueda engrana con las de marca 2 y 3. El sistema de cilindro escoba está montado sobre el árbol de la rueda marca 3, por tanto al ser accionada lo hace girar en sentido antihorario. Por otro lado la rueda marca 2 movida por la motriz 1 acciona a la rueda 4 efectuando el giro en sentido horario al sistema de cilindro escoba.
- **Sistema B (Por medio de poleas con correa trapezoidal).** Tiene un sistema semejante al sistema A. La rueda dentada motriz marca 1 también es movida por un motor-variador. En su árbol se monta una polea para correa trapezoidal marca 3 accionando por medio de la correa 5 al árbol de la polea 7 produciendo el movimiento antihorario del sistema cilindro escoba. El sistema se completa con el giro del árbol producido por la rueda dentada marca 2 que acciona el conjunto de polea marca 4-8 por medio de la correa marca 6. El sistema cilindro escoba gira en sentido horario.
- **Sistema C (Sistema de correa plana cruzada).** Semejante al sistema B pero reduce el número de elementos a utilizar y sustituye las correas trapezoidales por planas. La polea marca 1 es plana siendo también accionada por un motor-variador. Dicha polea posee dos superficies en las que se montan dos correas planas, marca 4 y 5, las cuales transmiten el movimiento necesario a los árboles de las poleas 2 y 3 las cuales efectúan el movimiento requerido en los cilindros escoba. El giro en sentido horario se obtiene por medio del montaje cruzado de la correa plana marca 5.

El dibujo se completa con un boceto del camión, en el que se muestran las medidas principales, y un detalle del depósito de recogida de la basura barrida.

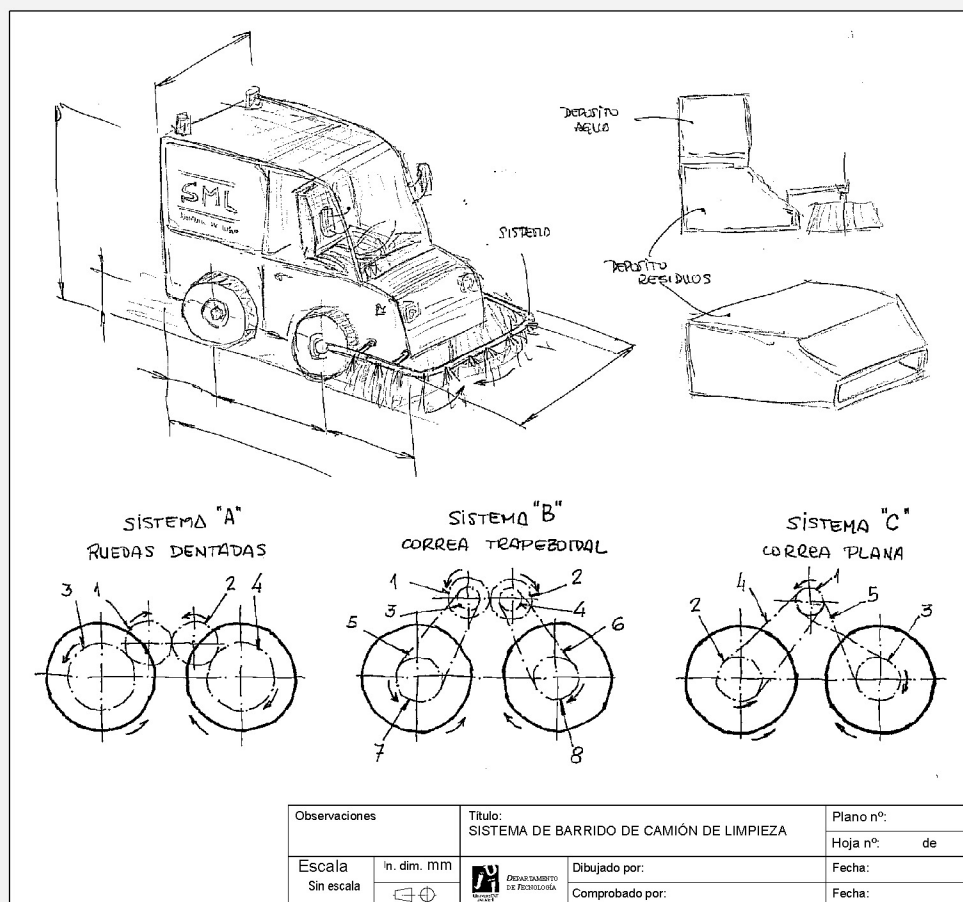


Figura 1.100 Boceto del diseño conceptual de un pequeño camión de limpieza urbana. Incluye bocetos de esquemas sobre diferentes soluciones mecánicas para accionar las escobas circulares

Con la aparición de los sistemas de modelado 3D de conjuntos mecánicos, esos esquemas han dejado de limitarse a ser una herramienta de apoyo durante la fase de diseño conceptual del mecanismo. El motivo es que la metodología más extendida de ensamblaje de las piezas virtuales para construir modelos virtuales mediante el ordenador se basa en que el usuario indique *relaciones de contacto* entre las diferentes piezas del conjunto, y el ordenador obtenga el ensamblaje apropiado. En efecto, para crear un conjunto virtual a partir de las piezas modeladas, las aplicaciones CAD utilizan un conjunto de «comandos de colocación», que relacionan las piezas nuevas con las piezas previamente colocadas. Estos comandos de relación contienen relaciones de coincidencia, alineación, conexión, tangencia, etc. (tabla 1.10). En consecuencia, la capacidad de analizar restricción de movimiento relativo entre piezas es ya fundamental para realizar los ensamblajes mediante sistemas de modelado asistido por ordenador. Es cierto que posicionar las diferentes piezas mediante coordenadas es una de las opciones posibles, pero es probablemente de las menos utilizadas.

RELACIÓN	EJEMPLO
Apoyar Para que dos superficies se toquen, coincidiendo una frente a otra.	
Alinear Para que dos planos sean coplanares (coincidentes y orientados en la misma dirección) y para alinear superficies de revolución o ejes, de forma coaxial.	
Insertar Para insertar una superficie de revolución «macho» en una superficie de revolución «hembra», de manera que sus ejes respectivos sean coaxiales.	
Tangente Para obtener un contacto tangente entre dos superficies.	

Tabla 1.10 Algunos comandos de relación para ensamblar conjuntos en una aplicación CAD 3D comercial

El desconocimiento de los movimientos que quedan fijados por cada condición de colocación hace que los usuarios novatos tengan dificultades para elegir las condiciones apropiadas para lograr los ensamblajes, incluso para ensamblar conjuntos rígidos. En máquinas, aún es más importante elegir correctamente las condiciones de colocación, porque la mayoría de las aplicaciones CAD 3D actuales permiten simular el movimiento de la máquina después de ensamblarla.

Las máquinas pueden llegar a ser muy complejas, de forma que diferentes partes de una máquina pueden tener posibilidad de movimientos independientes entre sí. Por lo tanto, no nos fijamos en las máquinas sino en los *mecanismos*. Hemos visto que cuando dos miembros de una máquina

están ligados mediante relaciones con cierta capacidad de movimiento definen un par cinemático. Cuando más de dos miembros están ligados mediante relaciones con cierta capacidad de movimiento, de manera que todos los miembros forman parte, al mismo tiempo, de dos pares cinemáticos, se obtiene una cadena cinemática. Si se inmoviliza arbitrariamente un miembro de la cadena, se obtiene un mecanismo. Por lo tanto, un mecanismo es un subconjunto de una máquina formado por miembros cuya movilidad está interrelacionada. En consecuencia, para estudiar el movimiento de las máquinas hay que estudiar el comportamiento de sus mecanismos; para lo cual hay que estudiar la movilidad de sus miembros y las interrelaciones entre todos los movimientos.

La movilidad de un miembro aislado se determina mediante seis parámetros; porque todo sólido libre se puede desplazar en el espacio (respecto a un sistema de referencia ortogonal XYZ), siguiendo seis movimientos elementales independientes entre sí: 3 traslaciones siguiendo las tres direcciones del sistema de referencia (T_x , T_y , T_z), y 3 rotaciones (R_x , R_y , R_z) alrededor de ejes paralelos a los ejes del sistema de referencia. Estos seis movimientos elementales se denominan *grados de libertad*. Por tanto, un par o enlace mecánico es toda relación con otro sólido que supprime al menos un grado de libertad de un sólido dado.

Las interrelaciones entre miembros dependen de los tipos de contactos mecánicos entre cuerpos. Si suponemos que los enlaces entre piezas son «perfectos», es decir, sin juego, rígidos y permanentes, entonces los pares mecánicos pueden clasificarse atendiendo a que se obtienen por contacto entre dos superficies. Tomando los tres tipos elementales de superficies (plana, cilíndrica, esférica) obtenemos la tabla 1.11 que muestra los seis pares cinemáticos simples.

Superficie	Plano	Cilindro	Esfera
Plano	Apoyo plano	Contacto lineal rectilíneo	Contacto puntual
Cilindro		Pivote deslizante	Contacto lineal anular
Esfera			Rótula

Tabla 1.11 Tipos de contactos entre superficies elementales

A estos seis pares simples podemos añadirles los pares compuestos para obtener los diez pares cinemáticos clásicos. Los cuatro pares compuestos son rótula plana, pivote sin deslizamiento, guía rectilínea y roscado helicoidal. Entonces, podemos clasificar los pares cinemáticos de acuerdo con los grados de libertad que restringen, y con los movimientos relativos que permiten (tabla 1.12).

Analizando los movimientos relativos y grados de libertad de los pares cinemáticos, se pueden seleccionar las relaciones de montaje más apropiadas para obtener modelos virtuales. El caso de conjuntos rígidos se convierte en un caso particular en el que no hay mecanismos, y todos los grados de libertad quedan restringidos.

Nombre del par cinemático	Representación esquemática		Movimientos relativos		Grados de libertad	Enlaces
	ortogonal	axonométrica	Traslación	Rotación		
Empotramiento					0	6
Pivote				Ry	1	5
Deslizante			Ty		1	5
Helicoidal			Ty	Ry	1	5
Pivote deslizante			Ty	Ry	2	4
Esférica con pivotamiento				Rx	2	4
Rótula				Rz	2	4
Apoyo plano			Tx	Rx	3	3
Lineal anular			Ty	Ry	3	3
Lineal rectilíneo			Rz		3	3
Puntual			Tx	Rx	4	2
			Ty	Ry	4	2
				Rz	4	2
			Tx	Rx	5	1
			Ty	Ry	5	1
				Rz	5	1

Tabla 1.12 Principales pares cinemáticos entre dos sólidos

1.5 REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN INGENIERÍA CIVIL

Las representaciones gráficas en ingeniería civil son diferentes de las estudiadas en los principios generales de representación recogidos en la norma UNE 1032:1982 (o ISO 128:1982). Primero son diferentes porque la relación de la obra con el terreno es muy importante, y la representación del terreno se basa en el sistema de planos acotados. En consecuencia, en muchas de las representaciones gráficas en ingeniería civil sólo hay una vista principal (la planta) y en lugar de aristas se utilizan curvas de nivel para definir las variaciones de la superficie irregular del terreno (figura 1.101).

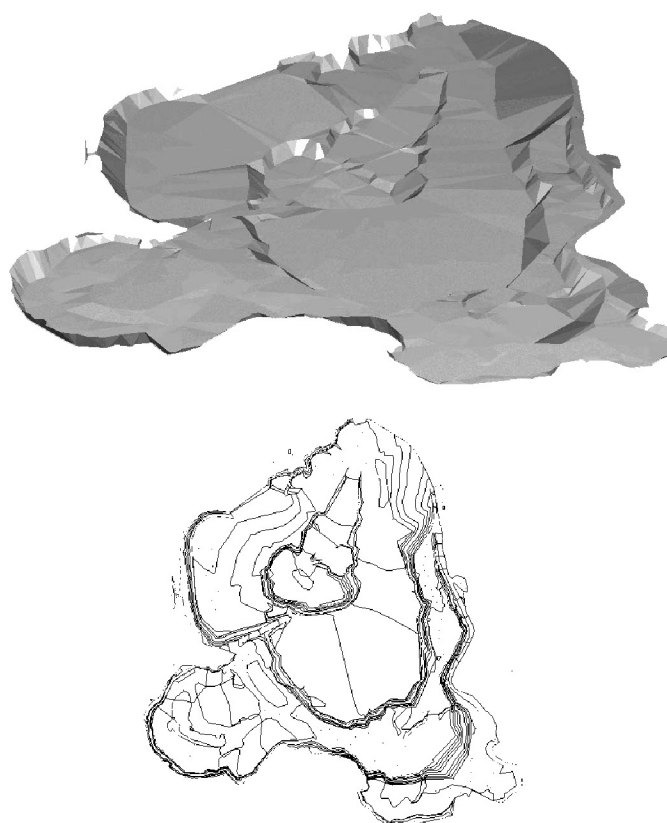
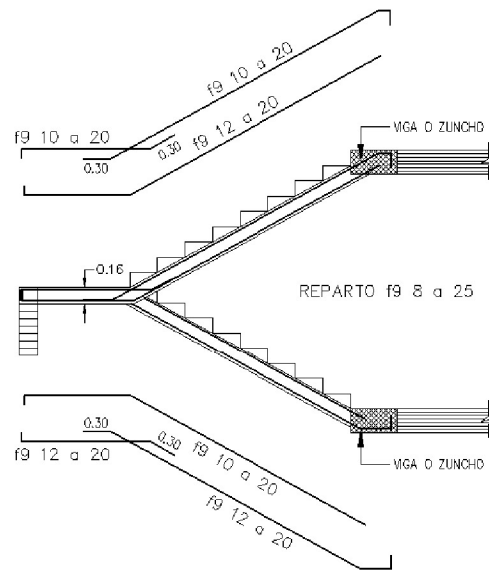


Figura 1.101 Representación realista de una cantera en perspectiva (arriba) y en planta mediante curvas de nivel (abajo)

El segundo motivo por el que se diferencian estas representaciones de las que hemos visto anteriormente es que las obras civiles suelen ser obras singulares, es decir, no seriadas. En consecuencia, no hay prototipos que permitan refinar el diseño de detalle, y por ello los planos contienen muchas indicaciones sobre detalles que no han podido ser definidos durante el diseño y tienen que ser definidos o supervisados durante la ejecución (figura 1.102).

Por último, la gran diferencia de tamaño entre la obra completa y el más pequeño de sus detalles hace necesario recurrir a representaciones a escalas muy diferentes y con niveles muy distintos de simplificación de las representaciones. Lo paradójico es que en el ámbito de la obra civil es muy habitual reunir en un sólo plano toda la información de un mismo asunto. En consecuencia, se emplean formatos muy grandes y con una gran densidad de información (figura 1.103).



LOSA DE ESCALERA

MEDIDAS A COMPROBAR EN LA OBRA

Figura 1.102 Plano de detalle constructivo de una losa de escalera, con leyenda indicando detalles a comprobar durante la construcción

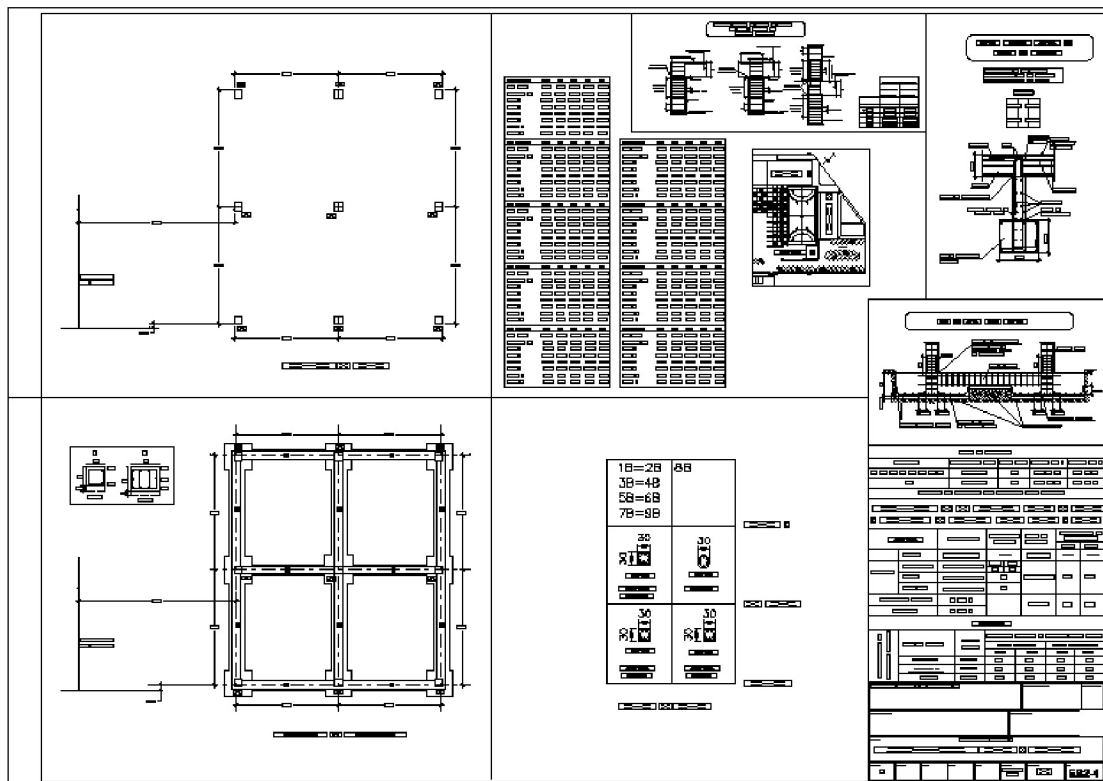


Figura 1.103 Plano de estructura con información de: replanteo de pilares (cuadrante superior izquierdo), replanteo de cimentación (cuadrante inferior izquierdo), etc.

Pese a la tendencia a emplear formatos grandes, la complejidad de las obras hace que, salvo en los casos más simples, aún se tenga que dividir la información de la obra en diferentes representaciones. Por ese motivo, atendiendo al nivel de detalle, se pueden distinguir diferentes tipos de representaciones. De forma genérica se puede hablar de tres tipos: representaciones de ubicación, de obra y de detalle. Con el fin de contemplar toda la variedad de tamaños y complejidades de las obras civiles, que hace que los límites entre cada uno de los tres tipos de representaciones antes mencionados no sean muy claros, puede ser más conveniente hacer una clasificación que contemple hasta cinco tipos de representaciones:

- Emplazamiento
- Obra civil
- Estructura metálica y hormigón armado
- Construcción y arquitectura industrial
- Detalles constructivos

A continuación vamos a describir cada uno de los cinco tipos de planos de obra civil mencionados.

1.5.1 Planos de emplazamiento

Los planos de emplazamiento o ubicación son los más generales entre los que contemplan problemas de emplazamiento. Como ya se ha indicado, abarcan una zona muy amplia, mayor que la propia zona en la que se realizará la obra. Por tanto, su escala suele ser muy reducida y no aportan muchos detalles.

Los menos detallados sirven para localizar la obra en su entorno (figura 1.104). Los más detallados sirven para estudiar movimientos de tierra, problemas de impacto ambiental, determinar la mejor forma de realizar la acometida de agua y electricidad, definir los accesos, etc. (figura 1.105).

Los planos más detallados se suelen realizar en el sistema de planos acotados, puesto que una de sus utilidades principales es definir la posición que la obra va a ocupar en el terreno, y la adecuación del terreno suele ser el problema clave (explanaciones, accesos, etc.).

La representación de la obra suele ser muy esquemática. Se puede llegar a representar simplemente el contorno de los edificios y el de las parcelas que los contienen, indicando nada más los puntos de acometida de agua, electricidad, gas, etc.

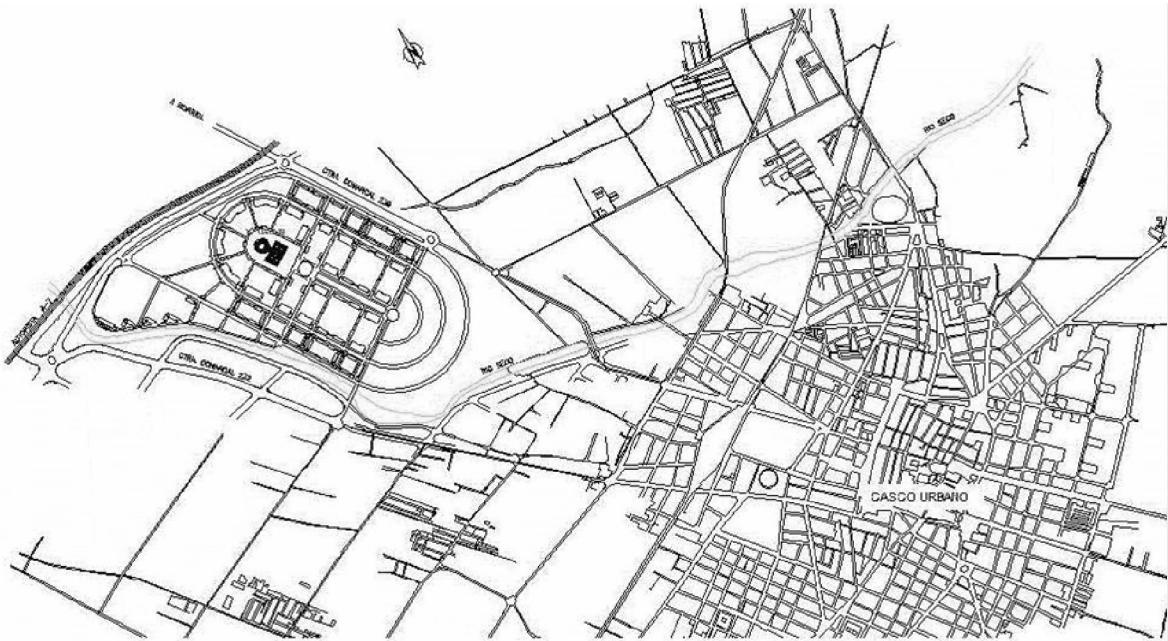


Figura 1.104. Plano de emplazamiento general de la Universitat Jaume I respecto a la ciudad de Castellón (Fuente: OTOP UJI)



Figura 1.105. Plano detallado de emplazamiento de la Universitat Jaume I con indicación de parcelas, viales y curvas de nivel (Fuente: OTOP UJI)

1.5.2 Planos de obra civil

Las representaciones de obra también suelen tener una escala bastante reducida debido al gran tamaño de las obras de ingeniería civil (desde cientos de metros, hasta kilómetros). En consecuencia, son muy esquemáticas.

Sirven para acompañar al presupuesto o como índice general de todas las partes en que se subdivide la obra. También sirven para estudiar cosas como la ubicación en planta de las máquinas en una nave industrial, los flujos de transporte, el mobiliario, etc. (figura 1.106).

Hay que tener en cuenta la norma ISO 4157 de designación de las partes de una obra en los dibujos de construcción.

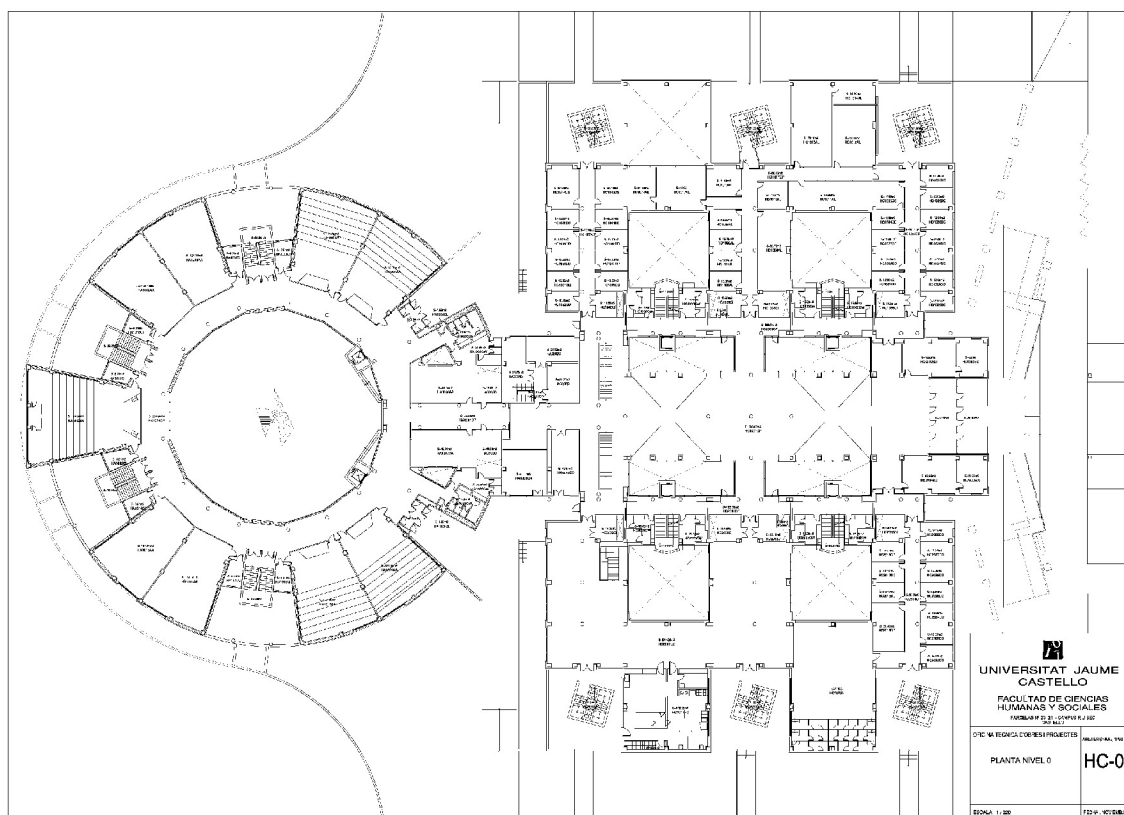


Figura 1.106. Plano de obra civil de la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universitat Jaume I (Fuente: OTOP UJI)

1.5.3 Planos de estructura metálica y hormigón armado

Son planos que contienen la información esencial para construir las estructuras de los edificios y otras obras. En ellos se emplean los principios generales de representación recogidos en la norma UNE 1032:1982 (o ISO 128:1982). La figura 1.103 es un ejemplo de plano de estructura de hormigón armado. La figura 1.107 muestra un ejemplo de estructura metálica de una nave industrial, y la figura 1.108 muestra un detalle del plano de planta de anclajes que indica la situación y el detalle de dichos anclajes.

Existen normas específicas que aconsejan sobre la mejor forma de representar elementos típicos de las estructuras. Por ejemplo la UNE-EN ISO 3766:2004 de dibujos de construcción. Representación simplificada de las armaduras de hormigón.

Algunas excepciones de las normas más genéricas también se usan con mucha frecuencia en este tipo de representaciones. Por ejemplo, la convención de vistas reflejadas o vistas en espejo.

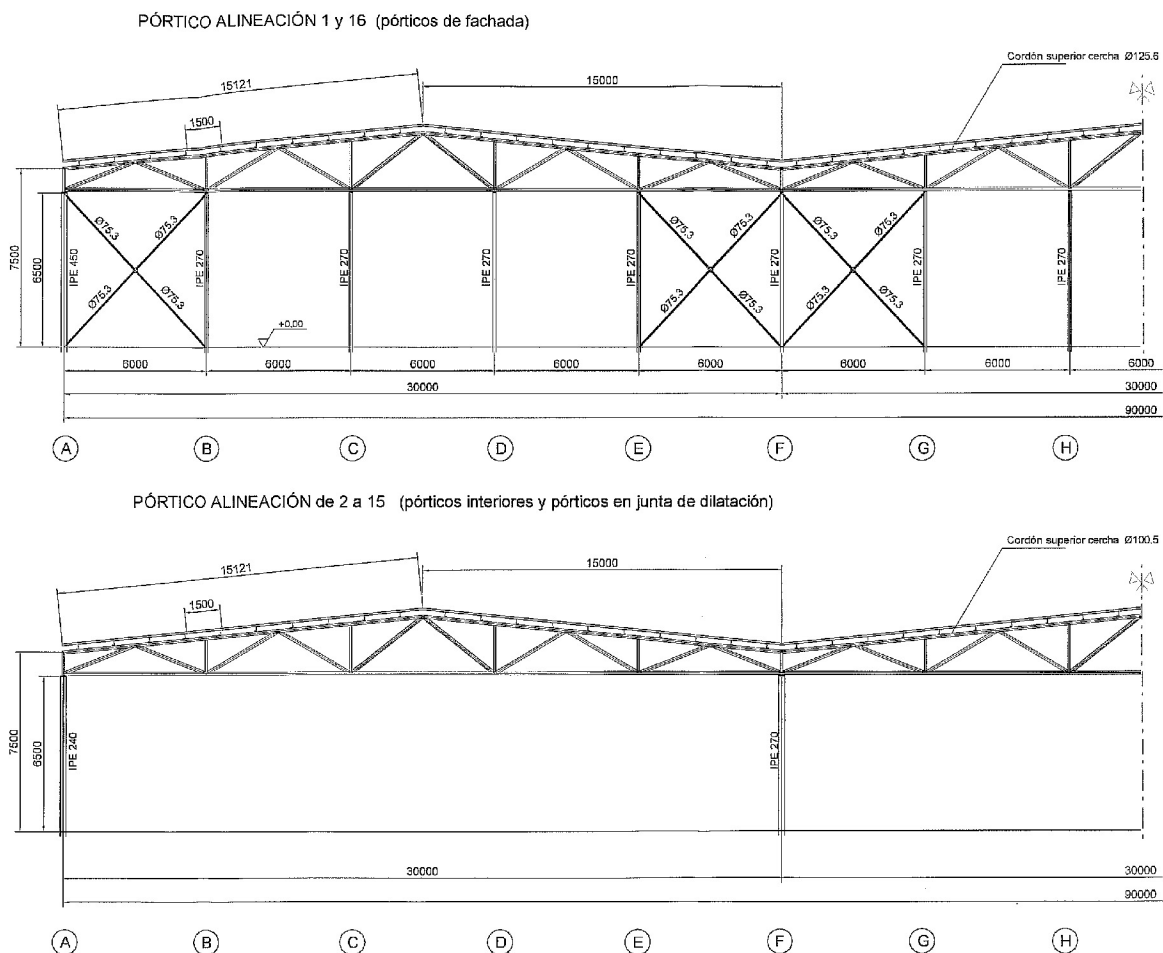


Figura 1.107. Plano de estructura metálica de nave industrial, mostrando los pórticos de fachada y los intermedios. Se ha utilizado el criterio de simetría, para dibujar la mitad. (Fuente: A. Poy)

Por el tamaño de los objetos representados, y, sobre todo, por la presencia de pequeños detalles que impiden el empleo de escalas que supongan una gran reducción de dichos detalles, se recurre muy a menudo al convencionalismo de simetría y al de vista interrumpida. En la representación de simetría, predomina el empleo del símbolo «banderolas» frente al de «igual» (figura 1.107). También se utiliza una variante peculiar de las secciones, que consiste en representar por separado cada pórtico de la estructura (figura 1.109). Una variante importante en la acotación es el frecuente empleo de las cotas de nivel (figura 1.109 derecha).

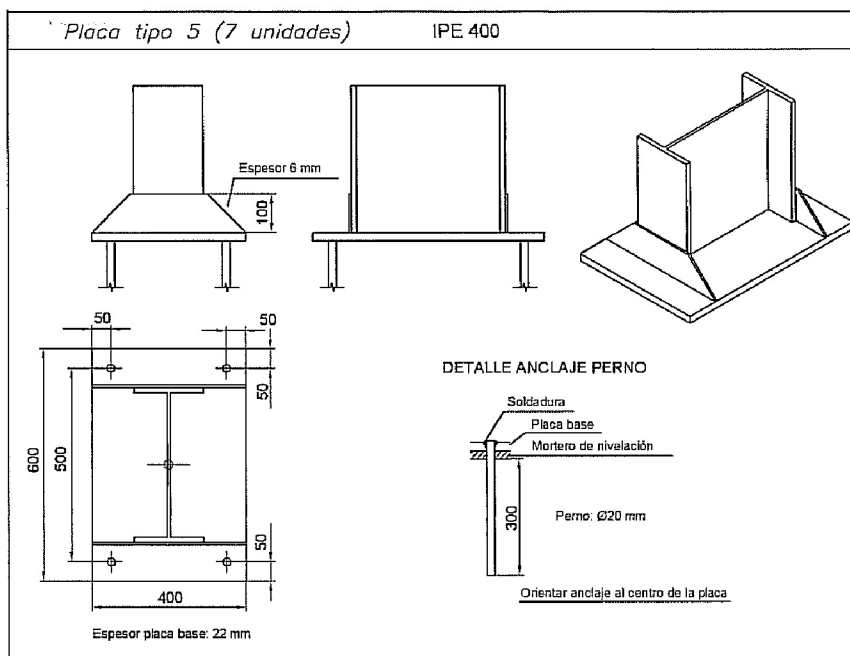
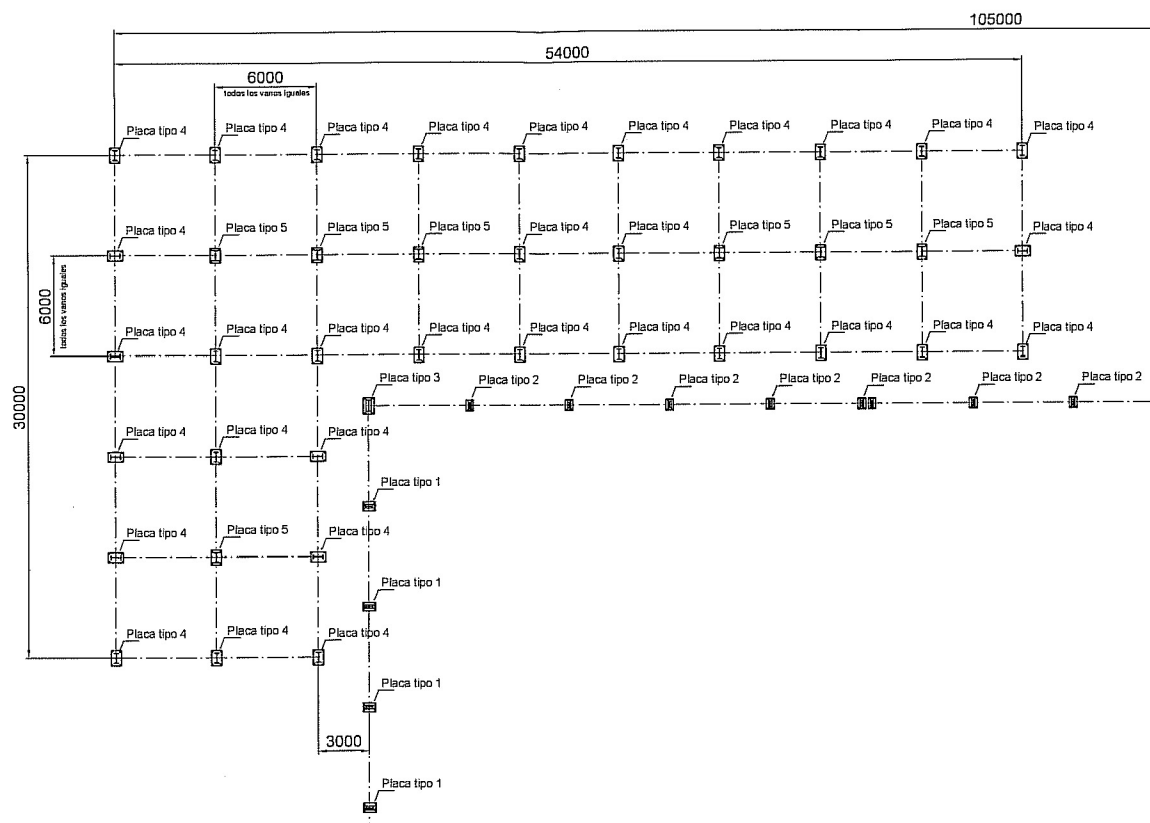


Figura 1.108. Planta de anclajes de un edificio de oficinas anejo a una nave industrial, y detalle de uno de los tipos de placa. (Fuente: A. Poy)

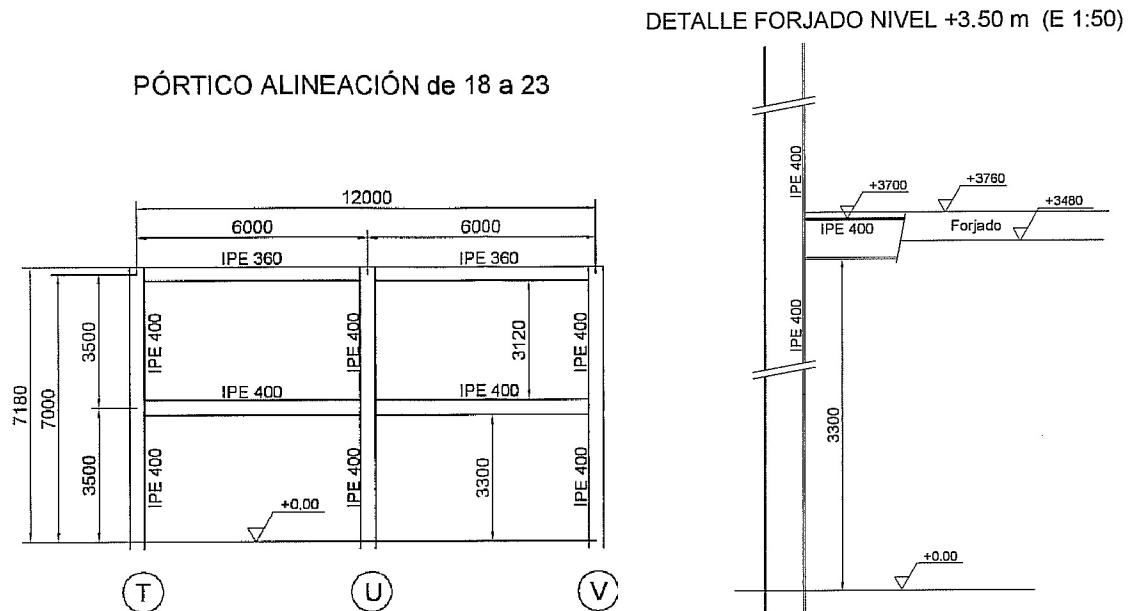


Figura 1.109. Plano de estructura metálica de edificio de ofical, mostrando uno de los pórticos y un detalle de posición del forjado mediante cotas de nivel. (Fuente: A. Poy)

1.5.4 Planos de construcción y arquitectura industrial

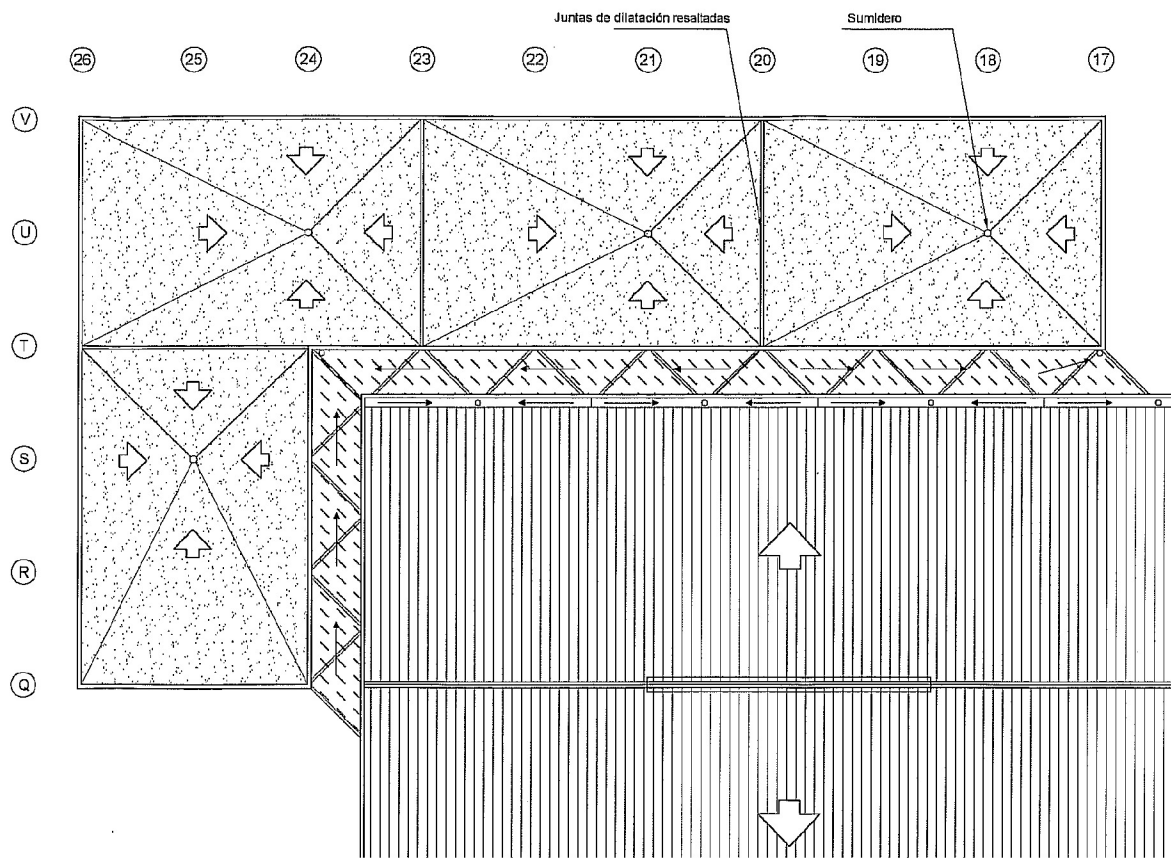
Los cerramientos, la carpintería, las instalaciones y todos los complementos de las obras, se deben definir en planos específicos. La mayoría de estos planos sigue las normas generales de representación, y se realizan en sistema multivista, con apoyo de vistas particulares y detalles. Aunque en muchos de ellos es suficiente con una sola vista principal (figura 1.110).

La principal singularidad es la profusión de símbolos y leyendas con que se complementan (figura 1.111).

Una norma particular que afecta a algunos planos de arquitectura industrial es la UNE-EN ISO 7518:2000 de dibujos técnicos. Dibujos de construcción. Representación simplificada de demoliciones y reconstrucciones.

1.5.5 Detalles constructivos

Los planos de detalles constructivos sirven para definir los detalles de la obra que se considera que son complejos, y que, en consecuencia, los operarios no pueden resolver aplicando las pautas de trabajo habituales. Su destino último es que los operarios los utilicen a pie de obra como instrucciones, por lo que los objetos se representan a gran tamaño, e incluyen múltiples detalles de cómo se debe construir y montar cada parte. Van acompañados de dibujos más generales, a menor tamaño, que sirven para localizar el detalle (figura 1.112).



PLANTA BAJA

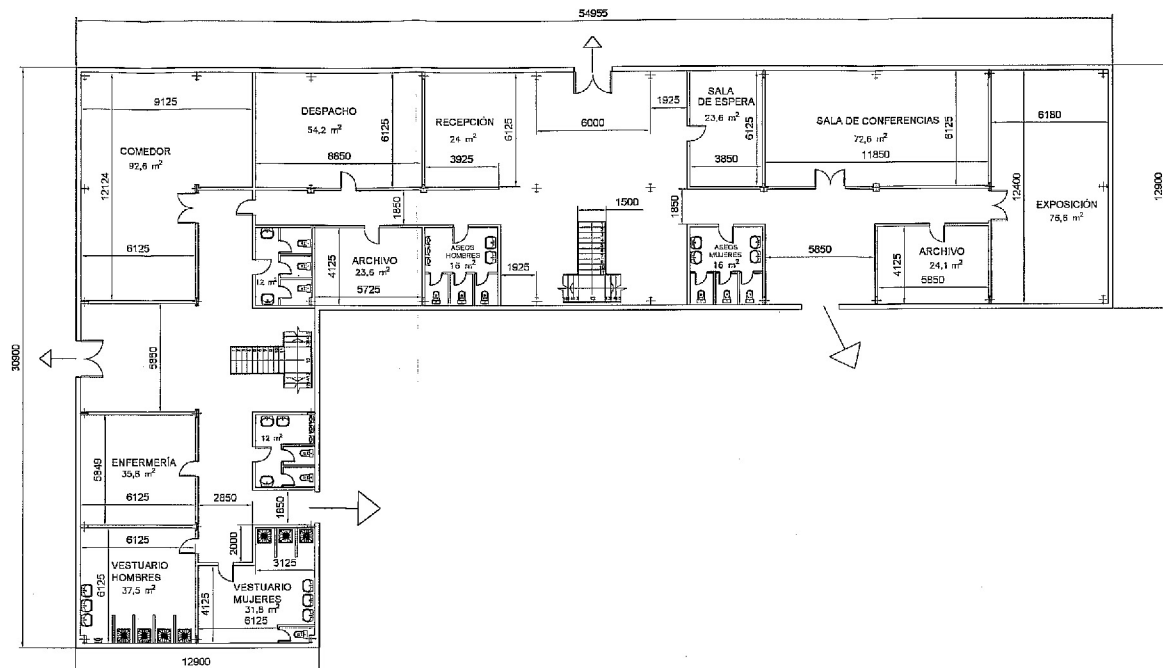


Figura 1.110. Cubierta y distribución en planta de un edificio de oficinas anejo a una nave industrial. (Fuente: A. Poy)

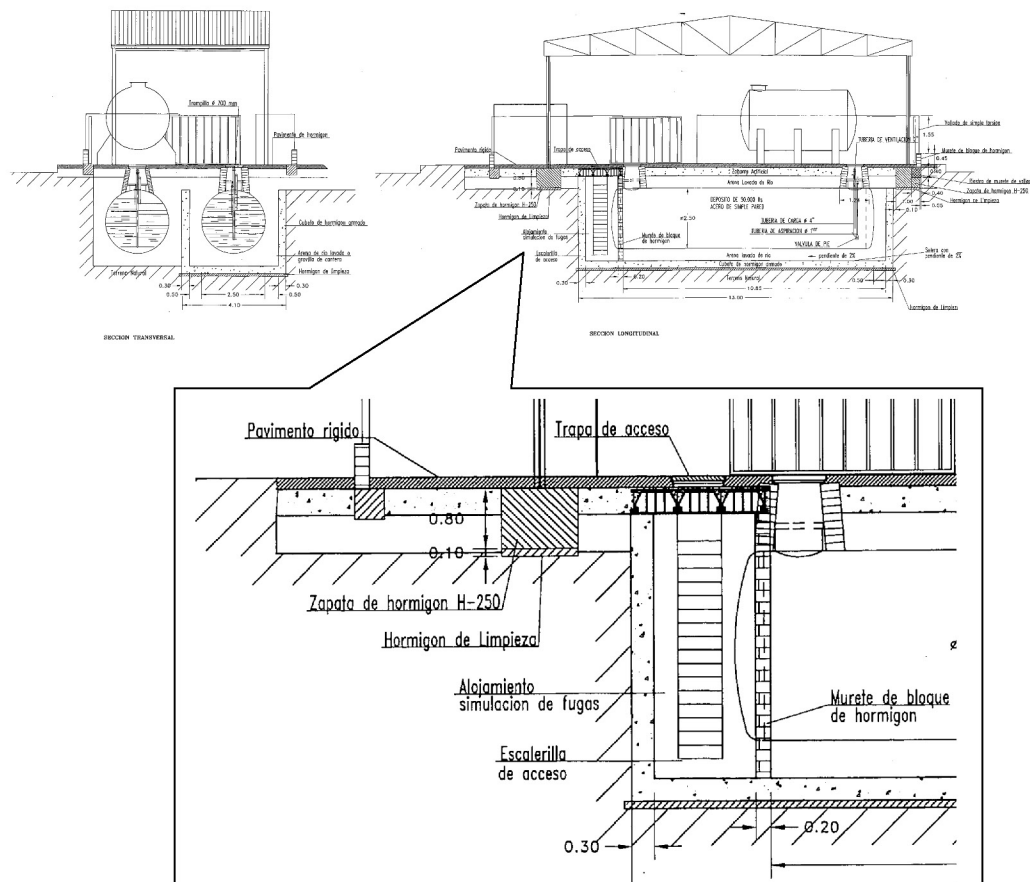


Figura 1.111. Plano de obra civil de un laboratorio de mecánica de fluidos de la Universitat Jaume I (Fuente: OTOP UJI)

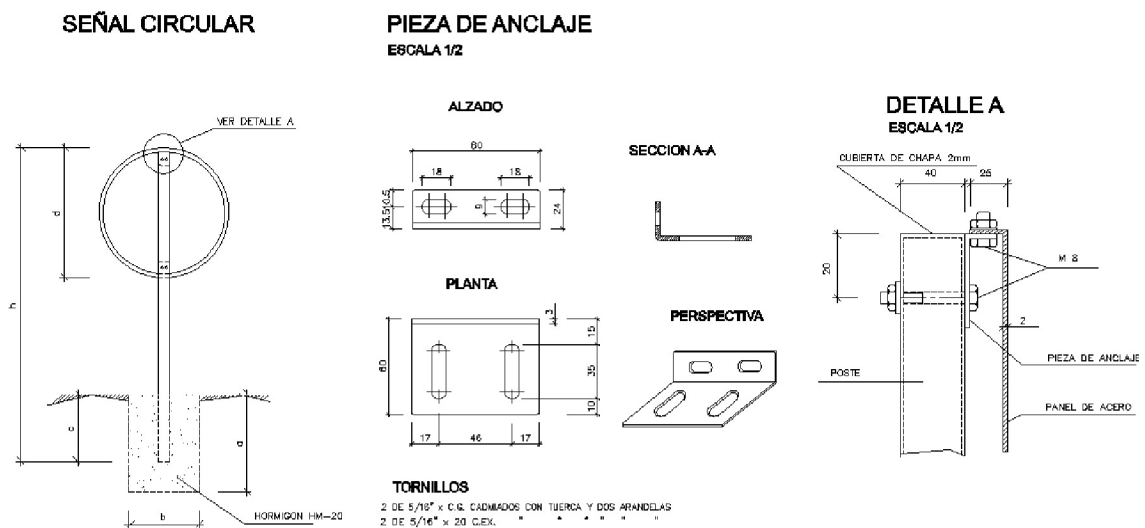


Figura 1.112. Plano de detalle de montaje de señal de tráfico, acompañado de un dibujo a pequeña escala de la señal completa

Un ejemplo son los planos de «mobiliario industrial», es decir, estanterías, armazones, soportes, etc., utilizados en instalaciones de manutención y almacenaje. Su función es la de bastidores, o elementos de soporte. No obstante, se parecen a las estructuras metálicas (de hecho ambas funciones se mezclan en los «almacenes autoportantes»); pero tienen dimensiones más pequeñas y sistemas de herrajes que permiten montar y desmontar, y adaptar el montaje a circunstancias cambiantes. Por tanto, también se parecen a los muebles. En definitiva, se pueden ver como bastidores de máquinas, como estructuras o como muebles. Por tanto, no encajan en ninguna de las categorías, pero comparten características con todas ellas. Una característica que suele tener mucha importancia en el tratamiento gráfico de estas instalaciones es el hecho de que suelen construirse de forma modular, a partir de elementos prefabricados. En consecuencia, para representarlas se emplean planos de conjunto en los que se muestra la forma de ensamblar todos los componentes, y se listan y referencian los componentes en la lista de materiales, sin llegar a dibujarlos (figura 1.113).

Otro ejemplo de caso especial que no encaja en ninguna de las categorías anteriores son los planos de paisajes y jardines (figura 1.114), campos de golf, etc.; que no coinciden con lo que habitualmente se entiende como plano de construcción, ni tampoco como plano de detalle. Además, es un caso en el que los «componentes» de la instalación son plantas, elementos ornamentales, senderos y otros elementos singulares, cuya representación debe basarse en criterios singulares. En consecuencia, se emplean criterios semejantes a los de principios generales de representación, pero se mezclan con símbolos y representaciones esquemáticas. De hecho, este tipo de representaciones posee una norma específica que recoge los principales símbolos y criterios de representación que deben utilizarse en estos planos. Se trata de la UNE-EN ISO 11091:2000 de *Dibujos de construcción. Práctica en el dibujo de paisajes*.

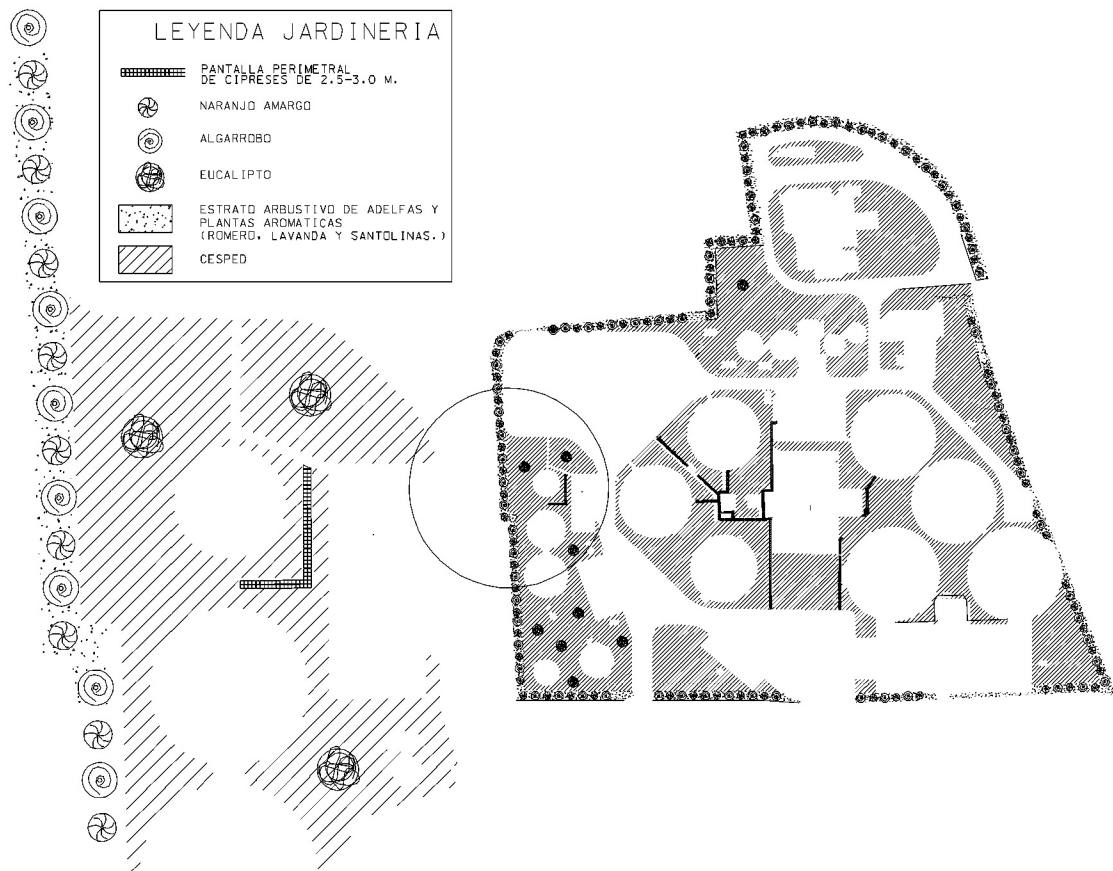


Figura 1.114 Plano de jardín con leyenda de los elementos vegetales empleados (no se han reproducido los colores del original)

1.6 REPRESENTACIONES GRÁFICAS EN DISEÑOS INDUSTRIALES

Hay objetos que se obtienen como un ensamblaje de partes, y que siguen un proceso industrial para su obtención, pero que requieren representaciones específicas, diferentes de las utilizadas en la representación de máquinas. La causa puede ser que se fabrican en series muy cortas y que el procedimiento de fabricación sigue teniendo muchas partes que se basan en la pericia de un operario/artesano, o bien que los aspectos estéticos son los que aportan la mayor parte del valor añadido al producto final. Estas circunstancias afectan al proceso de diseño, de modo que los planos de diseño deben considerar las características específicas del proceso y/o del producto.

Se utilizan superficies más complejas porque se valora la componente estética que las mismas le añaden al producto. En consecuencia, los planos tienen mayor número de vistas principales, vistas particulares y cortes y secciones. La representación mediante aristas y contornos no siempre es suficiente, porque los detalles de las formas tienen mayor importancia que en otros productos donde la forma está simplemente supeditada a la función y a la «fabricabilidad». En consecuencia, se utilizan representaciones mediante curvas de nivel o de contorno para definir las superficies más complejas, de forma semejante a la que siempre se ha empleado para definir, por ejemplo, los cascos de barcos. Las técnicas de *skinning* son la alternativa moderna, cuando se trabaja con sistemas de modelado tridimensional.

Se usan con mayor frecuencia los dibujos de «ilustración», es decir, representaciones axonométricas y perspectivas. Pero, sobre todo, se añade realismo a las representaciones: sombras, colores y otros recursos gráficos que permiten estudiar el aspecto final que tendrán los objetos (brillos, texturas, etc.). Se suelen añadir en todas las representaciones, incluso en las que se hacen en sistema multivista. Con ello se pretende que el aspecto estético esté presente durante todo el proceso de diseño. En algunos casos, conviene que alguna de esas representaciones realistas llegue también al taller.

Cuando hay partes «artesanas» en el proceso de fabricación, es mayor el número de anotaciones, leyendas y dibujos de detalle orientados al proceso de fabricación, montaje y acabado que se deben generar. Aumentan las indicaciones de fabricación encaminadas a controlar el aspecto final, tales como los tratamientos superficiales: pinturas, cromados, etc.

Los dibujos que se realizan durante la fase de diseño conceptual tienen gran importancia. En ellos se plasma la evolución mediante la cual, poco a poco, se van convirtiendo las especificaciones y los criterios de diseño en formas geométricas (topología) y soluciones constructivas (geometría).

Cada vez es más frecuente que los productos de consumo incluyan ilustraciones para que el usuario conozca el producto y pueda realizar por sí mismo las tareas más sencillas de mantenimiento. Los dibujos de conjunto en explosión son una forma habitual para tales ilustraciones. Pero, hay que tener en cuenta que los destinatarios de tales dibujos no tienen formación para interpretar dibujos complejos. En consecuencia, estos dibujos se simplifican (eliminando detalles poco importantes), se aumenta su «realismo» (por ejemplo, añadiendo sombreados), y se emplean colores y leyendas para guiar al lector. También son cada vez más frecuentes los productos de consumo que llegan a los clientes desmontados, acompañados de dibujos de ilustración que muestran el proceso de ensamblaje. Son dibujos muy parecidos a los dibujos de mantenimiento. En ambos casos se reduce la complejidad técnica de los dibujos (evitando el empleo de convenciones de dibujo poco frecuentes o poco intuitivas) y se añade algo de realismo a las representaciones.

A continuación vamos ilustrar estas peculiaridades mediante ejemplos representativos, tomados de ámbitos en los que los dibujos de diseño tienen un fuerte arraigo.

1.6.1 Diseño de juguetes

En el diseño de juguetes, los planos de ensamblaje del conjunto y los planos de detalle son iguales a los planos descritos en anteriores apartados de este libro (figura 1.115 y 1.116).

Un aspecto peculiar de ese tipo de producto es que es frecuente el empleo de esquemas, ya que sirven para analizar el comportamiento del juguete (figura 1.117). Lo cual es importante porque ciertos aspectos del funcionamiento como los que tienen que ver con la seguridad de los usuarios son especialmente importantes en este tipo de producto. Pero, lo que marca la mayor diferencia de los juguetes frente a otros productos es la gran importancia del aspecto estético de estos productos, y la consecuente proliferación de representaciones realistas para estudiar el aspecto estético antes de fabricar el producto acabado (figura 1.118).

En los juguetes, al igual que en otros productos donde el aspecto estético es importante, es frecuente emplear superficies complejas. En consecuencia, es habitual recurrir a representaciones mediante secciones sucesivas (figura 1.119), o incluso curvas de nivel. En los diseños realizados utilizando aplicaciones informáticas, las secciones sucesivas se convierten en secciones intermedias para procesos de *skinning*, y las curvas de nivel se sustituyen por redes más o menos regulares de curvas controladas a partir de sus puntos de control.

Por último, muchos juguetes tienen componentes de plástico, en consecuencia, el diseño de los moldes para inyectar el plástico suele formar parte del proceso de diseño de juguetes.

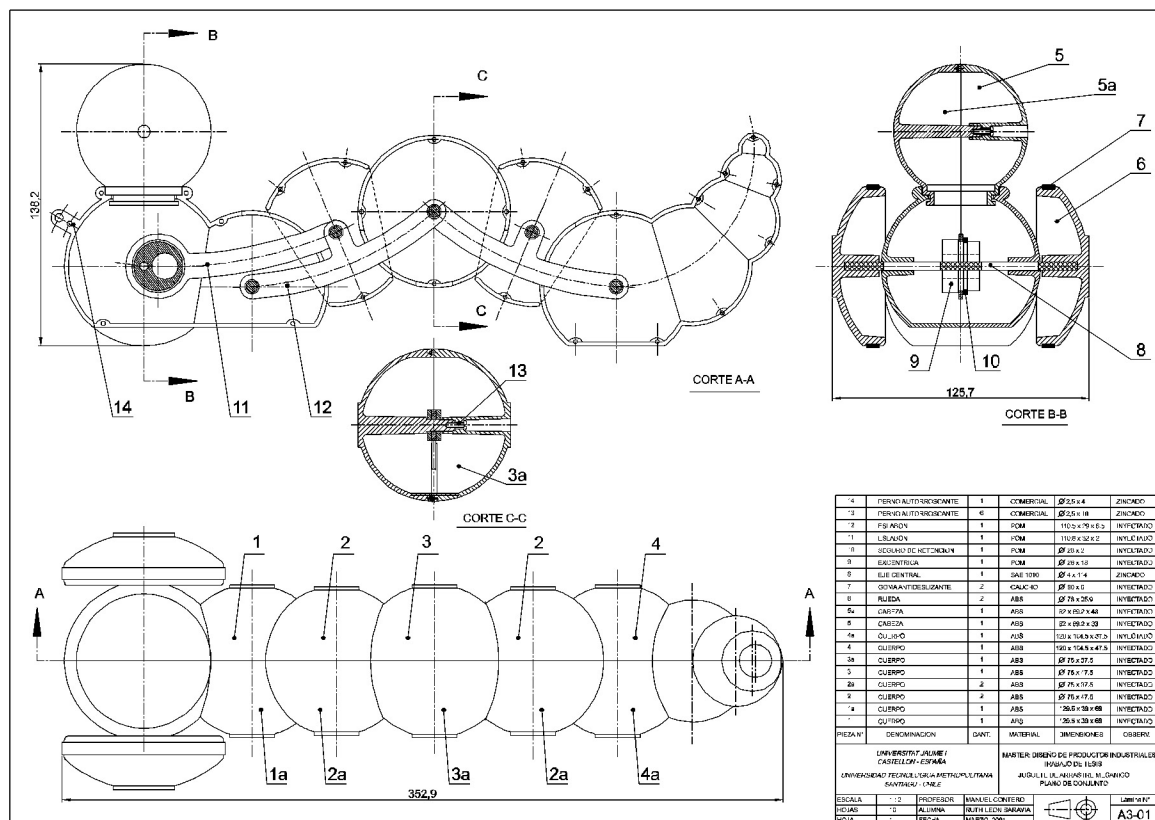


Figura 1.115. Plano de conjunto de un gusano de juguete. Se trata de un juguete de arrastre que simula el movimiento serpenteante (Fuente: R. León)

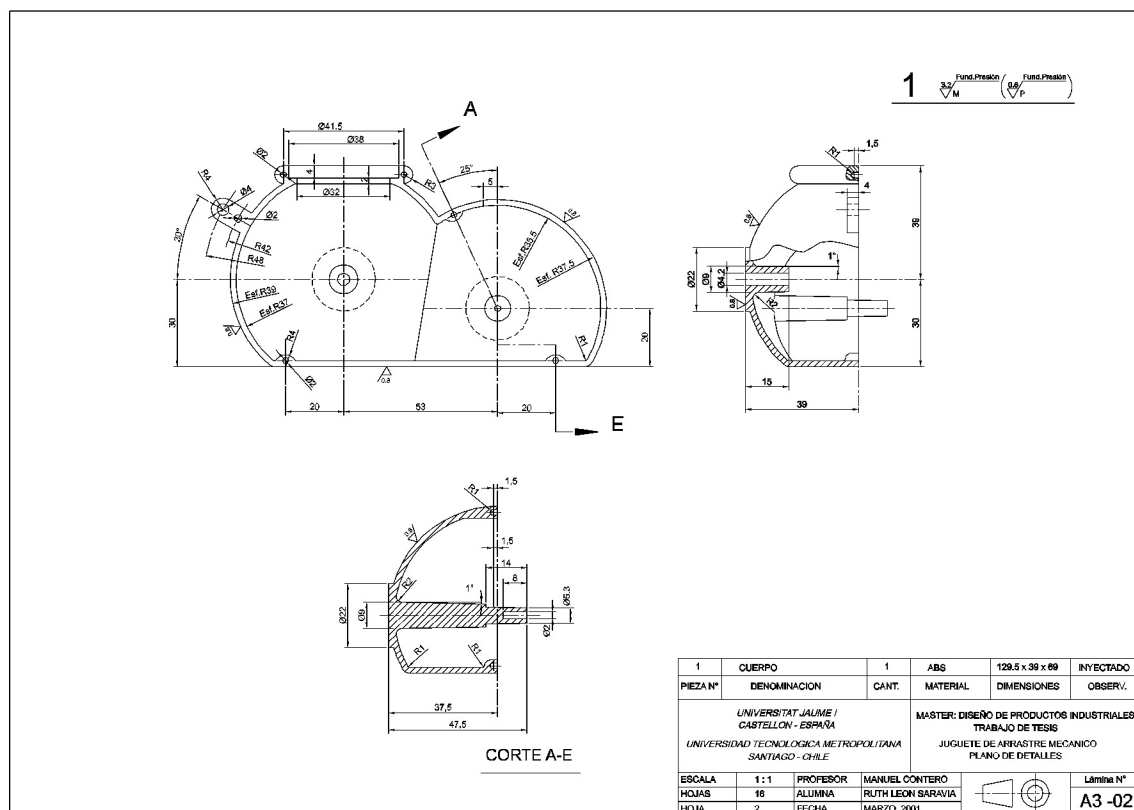


Figura 1.116. Plano de detalle de una de las piezas que componen el gusano de juguete
(Fuente: R. León)

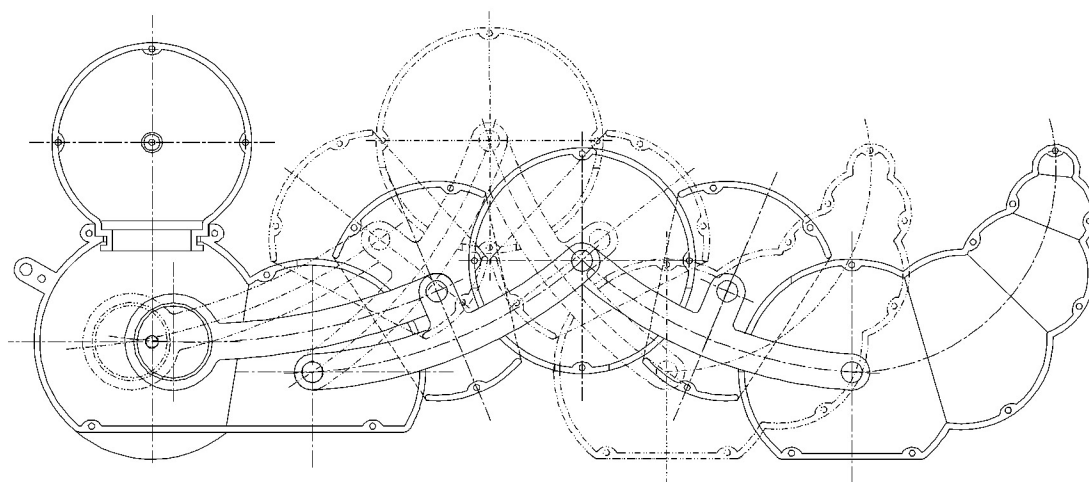


Figura 1.117. Diagrama que muestra las posiciones extremas de las diferentes partes del gusano de juguete durante su movimiento que simula el serpiente (Fuente: R. León)

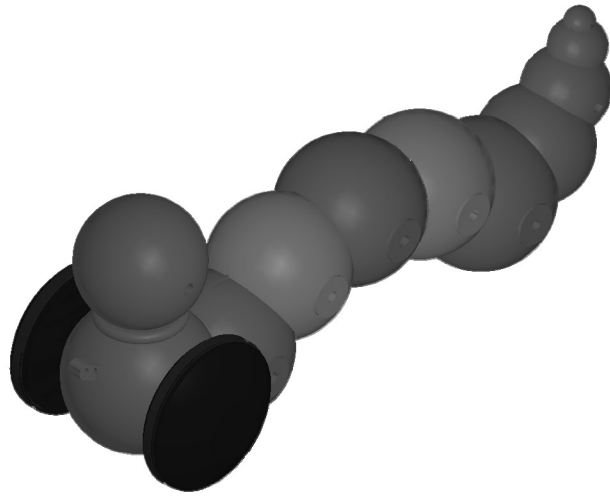


Figura 1.118. Representación realista del modelo virtual del gusano. Sirve para ver el aspecto estético que producirán las texturas y colores elegidos (los colores originales no se han reproducido) (Fuente: R. León)

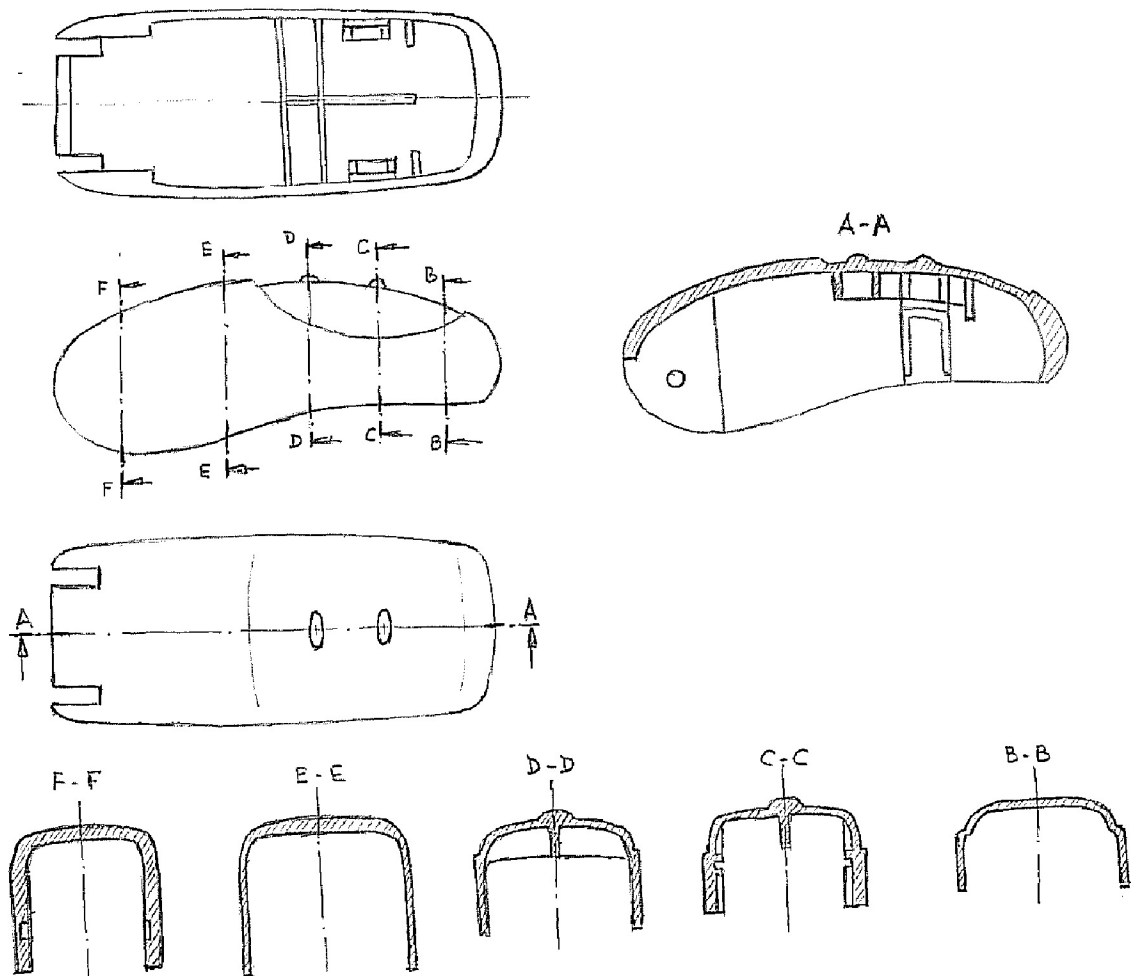


Figura 1.119. Boceto preliminar de la carcasa superior de una grapadora. Se han utilizado secciones sucesivas para describir la forma compleja y cambiante de la superficie de la carcasa

1.6.2 Diseño de mobiliario

En principio, los planos de mobiliarios son semejantes a los de cualquier otro producto industrial (figura 1.120) quizá con la única diferencia de que aún se dibuja a tamaño muy grande. Como el tamaño de los objetos no es excesivamente grande, se pueden emplear escalas desde 1/1 hasta 1/20 y se puede reducir el número de detalles. En consecuencia, los detalles se suelen poner en el mismo plano del dibujo de conjunto. A veces incluso se dibuja a tamaño natural, para que los contornos de las vistas sirvan para dibujar plantillas para fabricar las piezas.

Otro rasgo característico es el frecuente empleo de notas y leyendas para introducir instrucciones de fabricación y montaje (figura 1.121). Probablemente esto es así porque las singularidades de los procedimientos de fabricación y montaje de los muebles no están suficientemente normalizadas, al contrario de lo que veremos en el capítulo 2 que ocurre en la fabricación de otros productos.

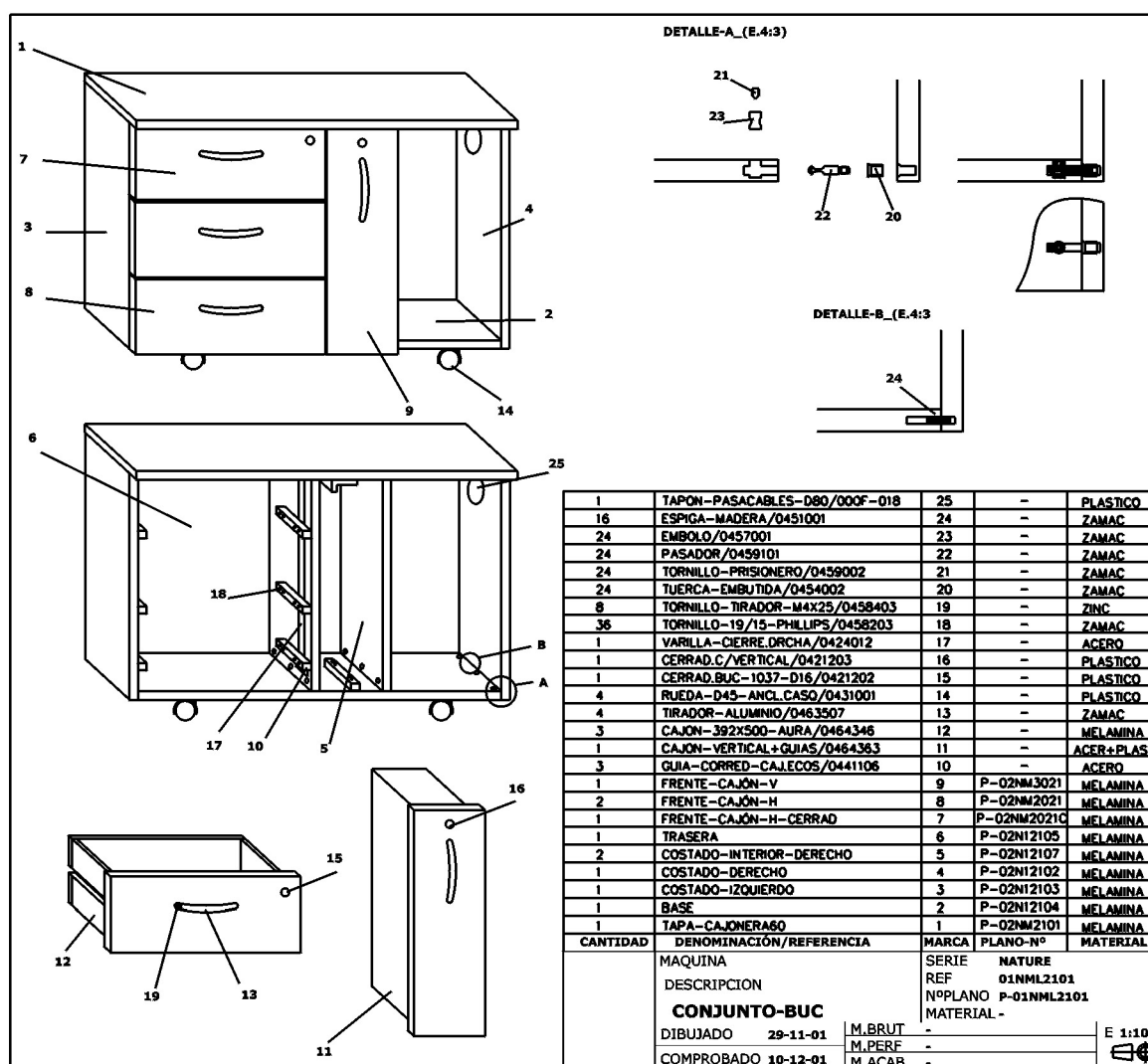


Figura 1.120 Plano de conjunto de un mueble complementario, tipo buc, para una línea de mobiliario de oficina. El plano incluye detalles de los herrajes utilizados para ensamblarlo.
(Fuente: M. Ruiz y Hodema)

Pero en los muebles el acabado de las superficies es muy importante, y conseguirlo requiere una especial atención, porque los materiales que se suelen emplear no tienen un aspecto anisótropo. Por ejemplo, la madera tiene vetas, cuya orientación es fundamental tanto para el comportamiento resistente (figura 1.122), como para que el efecto estético sea el deseado. Incluso los muebles metálicos tienen superficies en las que se debe cuidar la rugosidad, la orientación del pulido, y, en general, todo aquello que provoca diferentes brillos. El comportamiento anisótropo de la madera no sólo tiene consecuencias estéticas: tanto en la fase de diseño como en la de fabricación de objetos de madera se debe tener en cuenta la anisotropía, para evitar fabricar objetos más frágiles de lo esperado. En efecto, la madera no es un material homogéneo, porque está compuesto por gran variedad de células. Es decir, que la estructura microscópica de la madera es compleja y variada. Su estructura macroscópica tampoco es simple. Primero porque depende del crecimiento de la planta, lo que da lugar a diferentes capas, que aparecen como anillos o vetas al cortarla. En segundo lugar porque se producen fallos en el crecimiento, que dan lugar a singularidades como los nudos, las estrías, etc.

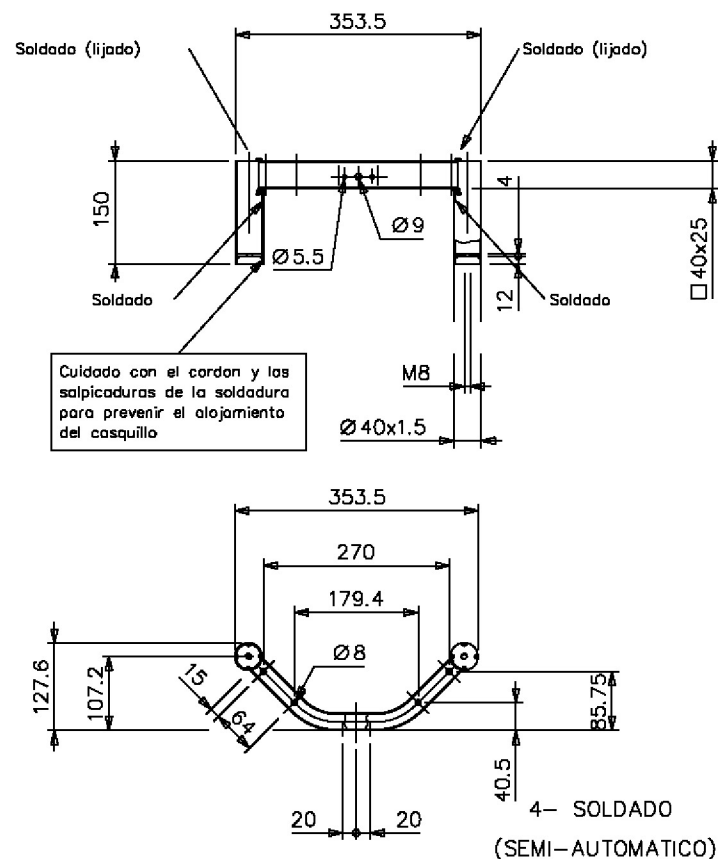


Figura 1.121 Plano de detalle de las patas auxiliares para apoyar el tablero de la mesa sobre el mueble auxiliar tipo buc. (Fuente: M. Ruiz y Hodema)

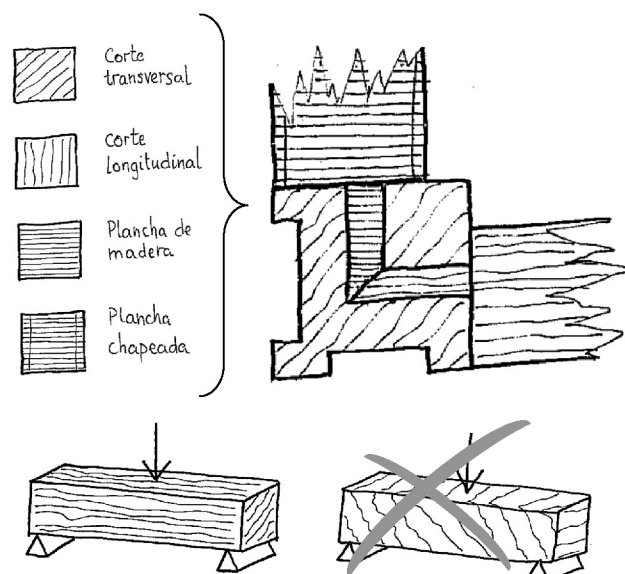


Figura 1.122. Las fibras de la madera se representan mediante rayados específicos (arriba izquierda) que se utilizan en los detalles (arriba derecha). Las vetas también hacen que su comportamiento resistente sea anisótropo (abajo)

La falta de uniformidad del aspecto exterior de las piezas de madera le confiere su belleza y hace que sea apreciada como un material «noble». En consecuencia, esta peculiaridad se debe aprovechar durante el diseño de productos con piezas de madera, para mejorar su apariencia estética. Es por ello por lo que en el diseño de muebles, carpintería de viviendas, y dondequiera que se utilice madera con fines decorativos (por ejemplo en el salpicadero de un coche) hay que indicar el tratamiento que se le debe dar para conseguir los efectos estéticos deseados.

Leyendas indicando la dirección que deben tener las vetas y detalles donde se muestra la dirección de las fibras mediante rayados especiales son algunos de los criterios peculiares de las representaciones de productos que contienen madera. El problema es el mismo cuando la madera natural se sustituye por materiales sintéticos basados en la madera y recubiertos de láminas que imitan el veteado de las maderas (figura 1.122).

La diversidad de la estructura microscópica de la madera también hay que considerarla durante el diseño de piezas de dicho material, puesto que el comportamiento resistente depende de la orientación de las fibras de la madera (figura 1.122). Y hay que tener en cuenta que las construcciones de madera son muy utilizadas en muchas partes del mundo.

Otra característica peculiar de las representaciones vinculadas al diseño de muebles es que, para estudiar el aspecto estético sin tener que recurrir a construir prototipos físicos, empieza a ser habitual construir modelos geométricos tridimensionales (figura 1.123), para representarlos de forma realista (figura 1.124).

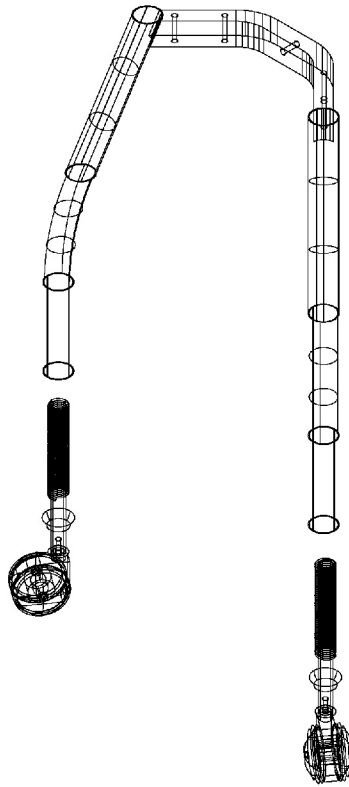


Figura 1.123. Modelo alámbrico de las patas de la mesa supletoria. (Fuente: M. Ruiz y Hodema)

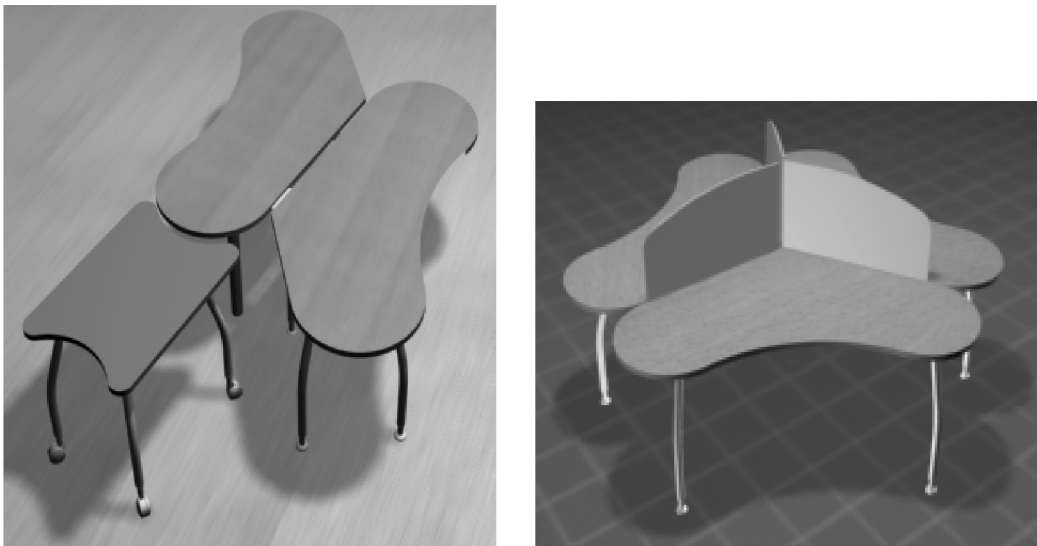


Figura 1.124. Representación realista de dos modelos de mesas, con mesa supletoria (izquierda) y tableros de separación (derecha). (Fuente: M. Ruiz y Hodema)

Por su parte, los herrajes y las uniones (soldadas, atornilladas, machiembradas, etc.) además del indudable aspecto funcional, también tienen importancia estética. Es decir, que con independencia de que el comportamiento resistente pueda exigir una cierta orientación del material, también se necesita elegir unas características de la unión, entre ellas la orientación del material, que garanti-

cen que el aspecto estético final se corresponda con el diseñado. Por lo tanto, en los planos se dedica una atención especial a esos detalles (figura 1.125).

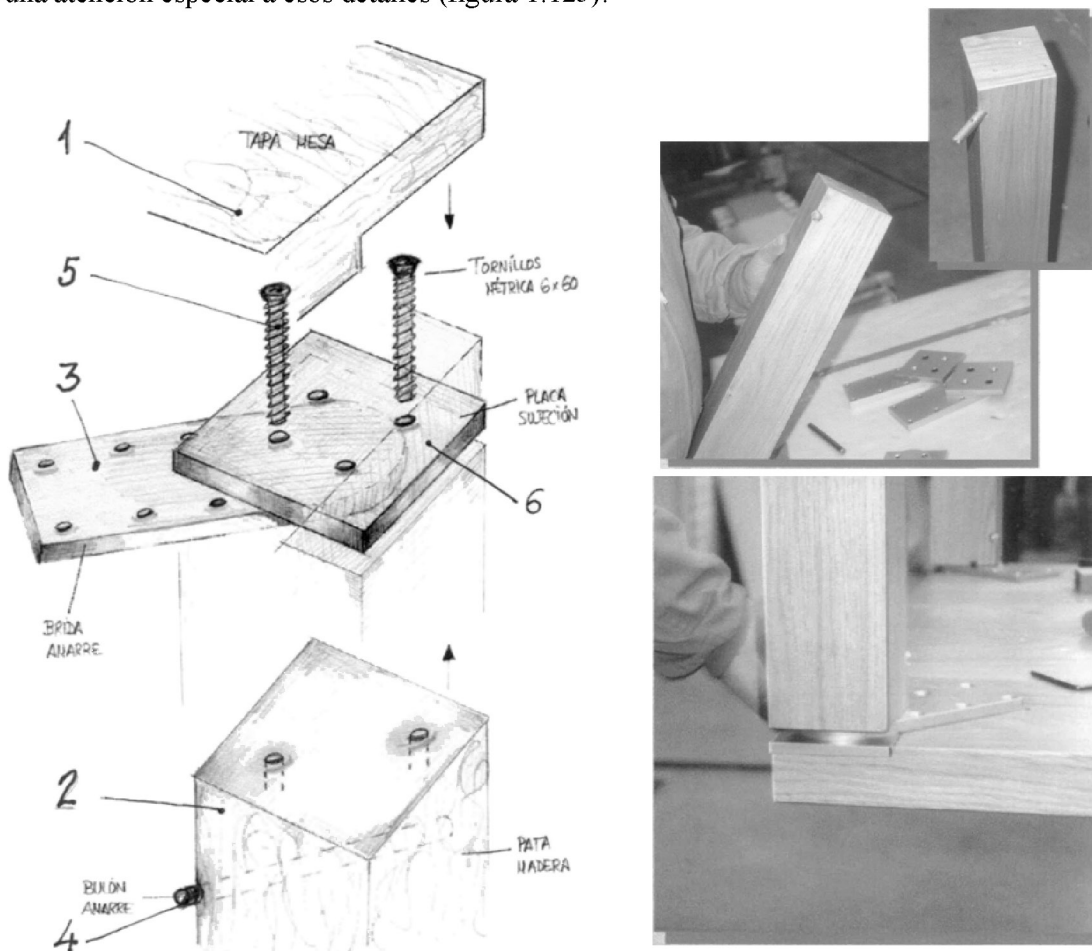


Figura 1.125. Detalle del plano de diseño de un herraje metálico para un mueble de madera (izquierda) y fotografía del montaje final (derecha). (Fuente: E. López)

El otro aspecto marcadamente diferenciador de los dibujos de mobiliario son los dibujos que se utilizan tanto en la fase de diseño conceptual del propio mueble como en la fase de estudio de la selección y personalización del mobiliario para un cliente. Son dibujos casi «esquemáticos» de los contornos de los muebles vistos en planta. En la figura 1.126 vemos un ejemplo de esos dibujos «de contornos», utilizados en la fase de diseño conceptual de un «programa», o conjunto, modular de mesas de oficina y elementos auxiliares. Sirven para estudiar diferentes combinaciones de elementos y ubicaciones en diferentes locales.

Aunque los dibujos «de contornos» de los muebles son principalmente vistos en planta, también son relativamente frecuentes los dibujos simplificados en alzado. Por ejemplo para elegir diferentes combinaciones de cajones y puertas para un mismo mueble contenedor (figura 1.127).

Por último, es cada vez más frecuente que algunos muebles lleguen a los clientes desmontados, acompañados de dibujos de ilustración que muestran el proceso de ensamblaje. Suelen ser perspectivas explotadas, completadas con detalles, principalmente de los herrajes (figura 1.128).

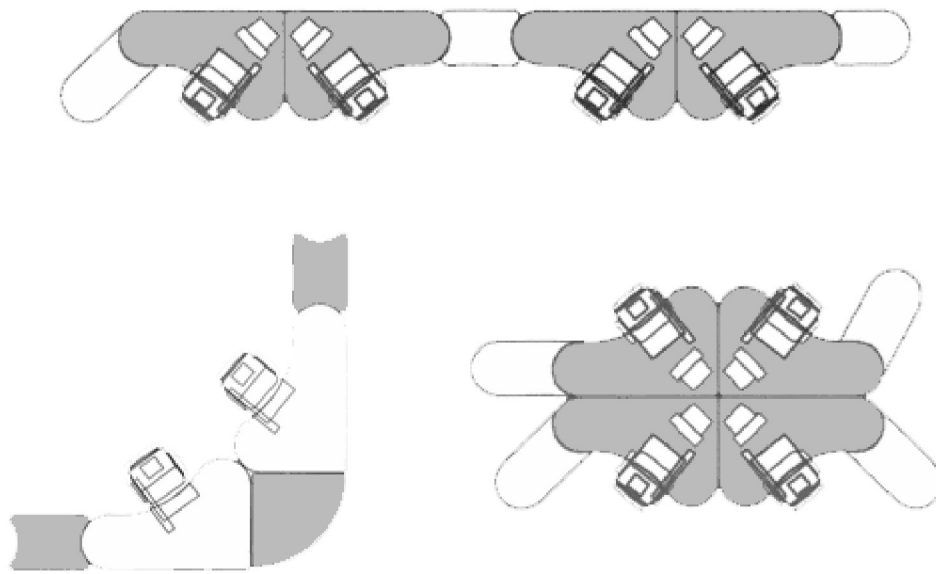


Figura 1.126. Dibujos de contorno. (Fuente: M. Ruiz y Hodema)

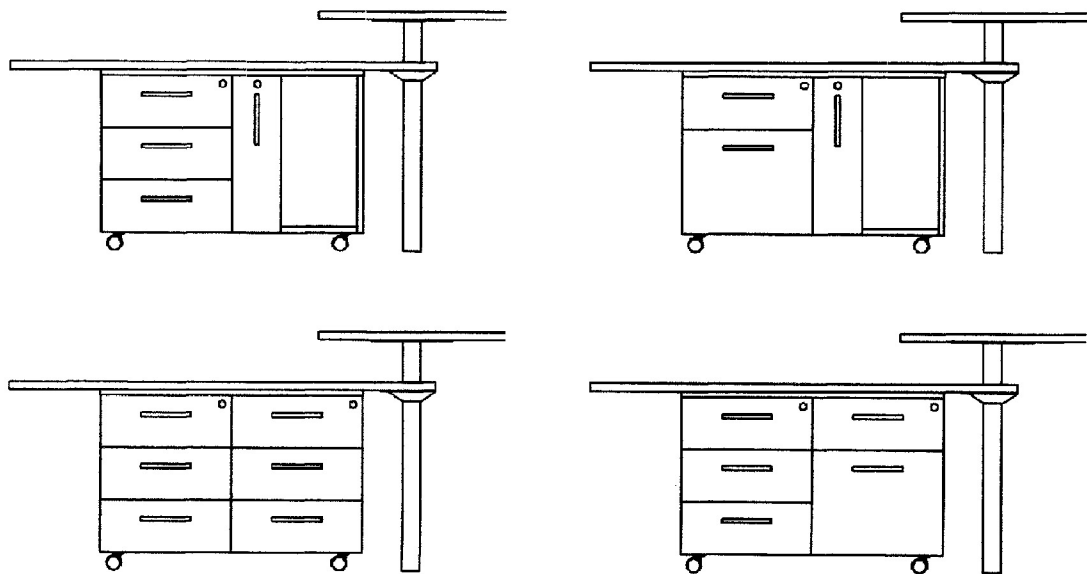


Figura 1.127. Diferentes configuraciones del buc. (Fuente: M. Ruiz y Hodema)

Programa Trenitto

ESCRITORIO TR

DENOMINACIÓN	MEDIDAS NETAS	UN.
Costado Izquierdo	731x500x19	1
Costado Derecho	731x500x19	1
Tapa Superior	940x500x19	1
Tapa Media	902x470x19	1
Separador Cajón	450x131x19	1
Refuerzo Patas	902x100x19	1
Copete	940x318x19	1
Cajón-Frontal	349x127x19	1
Cajón-Lateral Izquierdo	400x108x12	1
Cajón-Lateral Derecho	400x108x12	1
Cajón-Trasera	282x108x12	1
Cajón-Fondo	398x292x5	1

HERRAJES

DENOMINACIÓN	UN.
Tuerca emp. Cilíndrica M6 Ø10x14	4
Tornillo ensamblaje M6 x55 Allen 4	4
Llave Allen de 4	1
Excéntrica multillaves Ø15	4
Enganche tornillo de cuello	4
Tuerca de aletas con cabeza M6 (colocada)	4
Herraje ensamblador cuerpo empotrable	2
Tuerca empotrable nylon M6	2
Tornillo ensamblaje M6	2
Corredera "Gacela" (colocada)	2
Tirafondo amarre Corredera (colocados)	16
Espiga Ø10 x40	11
Espiga Ø8 x30	8
Tornillo ensamblaje r/m de 50 Allen 3	9
Llave Allen de 3	1
Tirador esférico Ø35	1

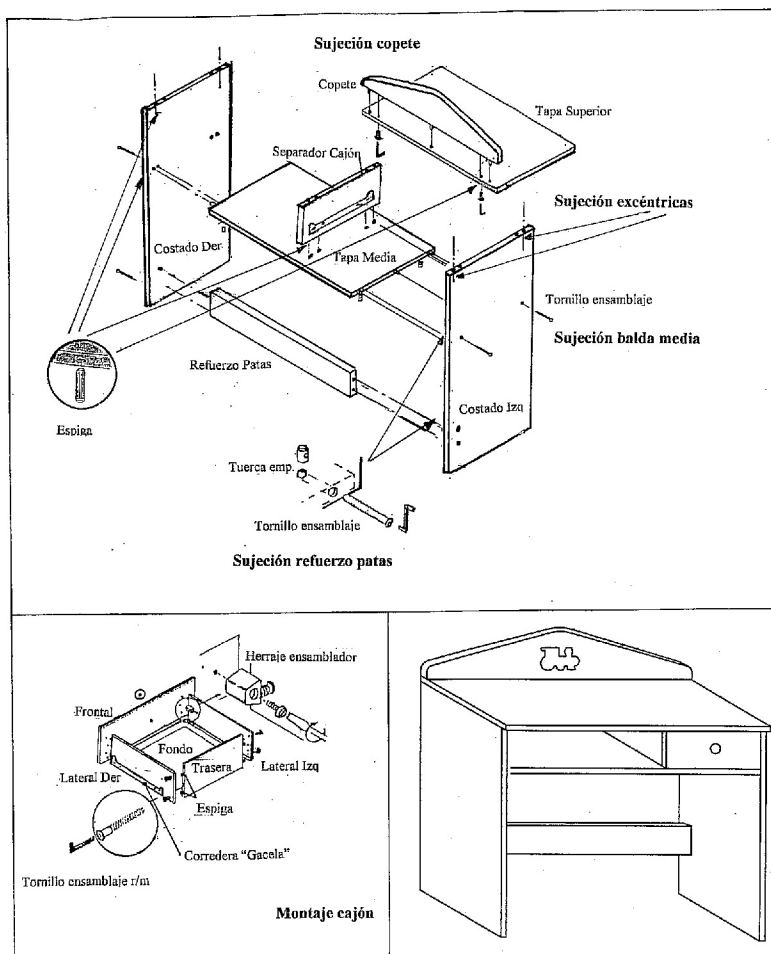


Figura 1.128. Perspectiva explotada para ilustrar el proceso de montaje de una mesa escritorio del mobiliario de una habitación infantil (Fuente: R. Calahorra)

1.6.3 Diseño de electrodomésticos

En los productos para uso domésticos, al igual que en los juguetes, el aspecto estético suele tener la máxima importancia. Por ello se suele incluir un cierto grado de realismo en las representaciones de conjunto; se representan colores, luces, sombras, texturas, etc. para poder estudiar el impacto estético del producto antes de fabricarlo. Nótese que esta exigencia se puede aplicar a productos de consumo de mucha complejidad y que salen del ámbito doméstico, pero cuyo aspecto estético también es importante; un ejemplo paradigmático son los automóviles.

Los productos de uso domésticos comparten con los juguetes la necesidad de estudiar su adaptación ergonómica al usuario y su aspecto estético. En las representaciones de conjunto se suele ignorar la norma de principios generales de representación (UNE 1032:1982) que aconseja dibujar sólo las aristas y contornos y prohíbe dibujar sombras y utilizar colores. Se persigue con ello tener siempre presente el aspecto estético del objeto (figura 1.129). Se diferencian de la mayoría de juguetes en que su complejidad es mayor. Principalmente porque las funciones que suelen tener que realizar son más complejas. En consecuencia suelen requerir mayor cantidad de planos de subconjunto o de detalle.

La otra peculiaridad de este tipo de productos es su carácter electro-mecánico, que da lugar a la presencia de circuitos eléctricos, máquinas con partes móviles, etc. En consecuencia, son frecuentes los esquemas eléctricos (figura 1.130), cinemáticos, etc.

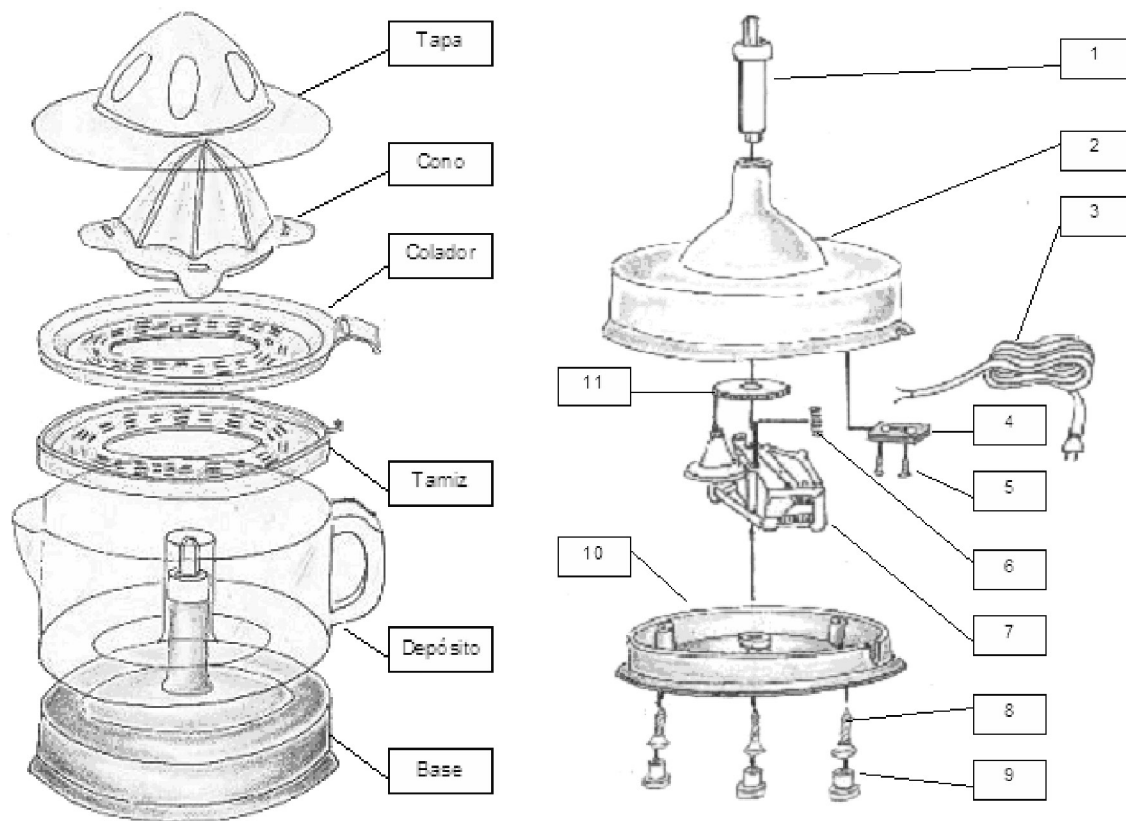


Figura 1.129. Perspectiva explotada de un exprimidor de naranjas (izquierda) y de su del subconjunto motor (derecha). Se observa el empleo de sombreados para aumentar el realismo de la representación (Fuente: P. Olabarrieta)

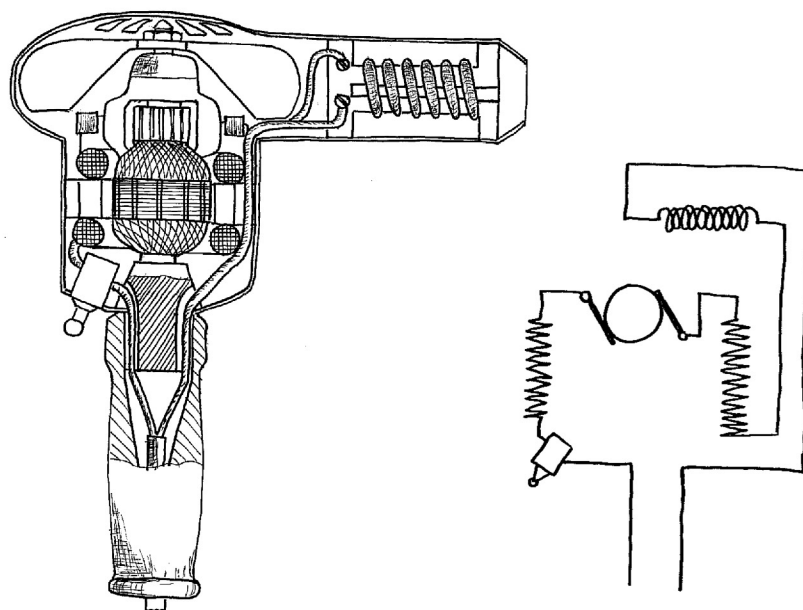


Figura 1.130. Reproducción parcial del dibujo de la patente de 1931 de E. Nielsen de un secador eléctrico. Incluye el dibujo de conjunto y el esquema eléctrico

1.6.4 Diseño conceptual

Para acabar este apartado dedicado a los dibujos de diseño, hay que reiterar el importante papel de los bocetos que se realizan durante la fase de diseño conceptual.

Muchos diseñadores siguen utilizando sus manos para esculpir o construir prototipos, porque así pueden potenciar mejor su creatividad. Otros realizan los prototipos «virtuales», con ayuda de diferentes programas de modelado asistido por ordenador. Pero, en ambos casos, en una fase anterior, los diseñadores realizan bocetos que les ayudan a fijar las ideas iniciales y determinar los rasgos generales de lo que más tarde concretarán mediante los prototipos.

Dado el gran peso de la creatividad en este tipo de productos, los diseñadores siempre han valorado sus bocetos mucho más de lo que lo han hecho los proyectistas vinculados al diseño de máquinas e instalaciones industriales. En consecuencia, los bocetos de los diseños industriales suelen formar parte de la documentación final del diseño o proyecto; mientras que los bocetos de máquinas e instalaciones se infravaloran, por lo que se eliminan y se pierden.

Entendemos que esos bocetos contienen información valiosa sobre la intención del diseño y sobre las decisiones que se toman en las fases iniciales del proceso, por lo que creemos que es recomendable conservarlos e incluirlos en la documentación del proyecto. Se pueden incluir directamente como borradores (figura 1.131), y también se pueden «pasar a limpio» (figura 1.132).

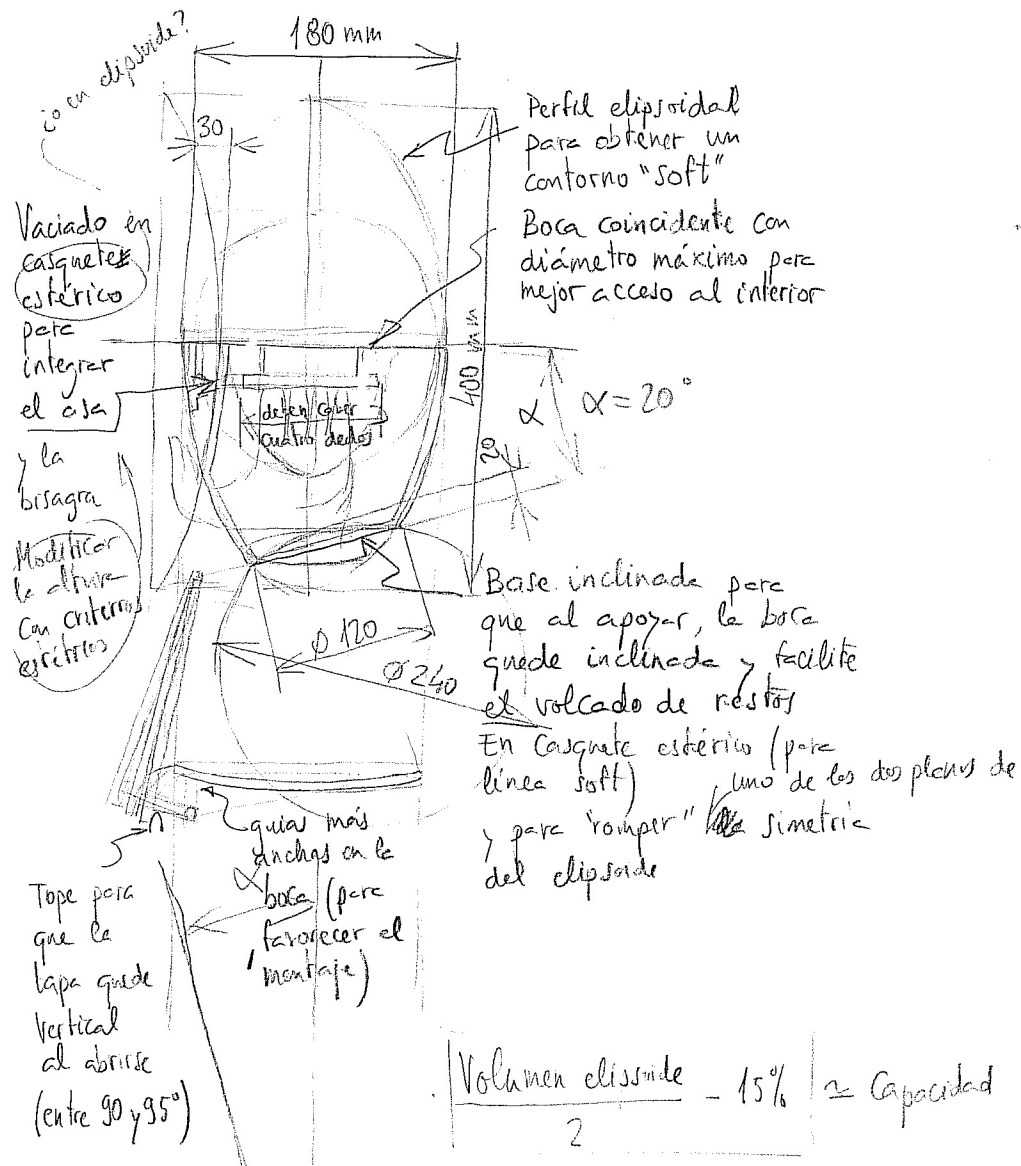


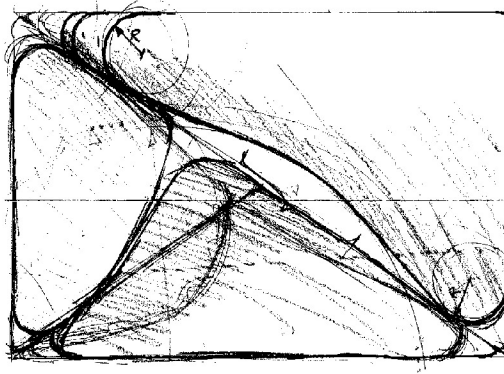
Figura 1.131. Boceto del diseño conceptual de un pequeño cubo de basura para colocar sobre el banco de la cocina

El reto es realizar un juego de mesas triangulares partiendo de un «típico» rectángulo: una mesa principal con dos mesas auxiliares.

Los vértices del triángulo eran muy puntiagudos, pudiendo crear daños a los usuarios. Se fueron redondeando.

Las mesas principales tienen una curva cóncava en la zona del usuario para aumentar la sensación de comodidad.

Ambos semicírculos se crearon con el mismo radio de modo que, introduciendo mesitas auxiliares que también lo tuvieran, se pudiera crear un conjunto modular.

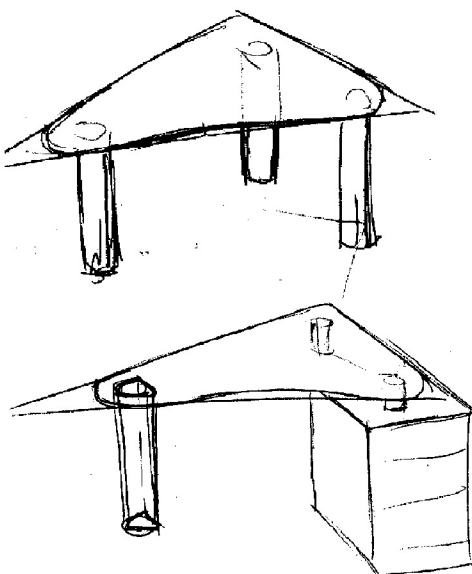


El tablero triangular provoca inestabilidad: la masa de una zona no puede compensarse con la otra

Corregir el aspecto visual: si el cliente cree que no es estable o la ve inestable, será muy difícil convencerlo de lo contrario

Las líneas rectas y puras, con ciertos radios de acuerdo, son las más utilizadas en el mobiliario general. Sin embargo, la ergonomía (y con ella curvas más pronunciadas y más suaves) se está convirtiendo en un requisito imprescindible en todos los productos que deben estar en contacto con el ser humano. Además, son más agradecidas por el cliente.

La unión del triángulo con las líneas curvas, ¿es posible? Más aún: las curvas servirían para paliar los problemas del primero, pues lo suaviza y a la vez lo «engorda» visualmente, dando la sensación de que es mayor.

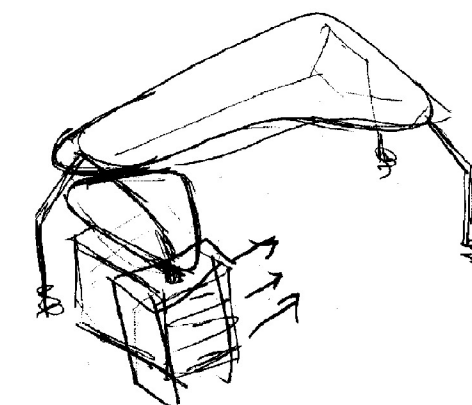


Giro pivotando sobre una columna.

En la mayoría de las oficinas hay cajoneras y archivadores en la propia mesa, bien debajo de la propia mesa o colgando de paredes o paneles, con o sin ruedas.

En ocasiones da la impresión de que no es suficiente: las ruedas incluidas en ciertos elementos como los bucs pueden crear cierto desorden en el espacio.

Una solución intermedia sería que tuviera ruedas, pero que a la vez poseyera un punto fijo sobre el que girar. De este modo el «desorden» estaría limitado. Y aún se podría llegar más lejos: el propio giro del buc lo «cierra» debajo de la mesa, de modo que está doblemente protegido contra intrusos: los frentes quedan mirando hacia la pared y, además, llevan cerradura.



*Figura 1.132. Diseño conceptual de la mesa principal de un sistema de mobiliario de oficina.
(Fuente: M. Ruiz y Hodema)*

**EJERCICIOS CAPÍTULO 1:
DISEÑO DE PRODUCTOS,
EQUIPOS, INSTALACIONES
Y PROCESOS**

Ejercicio 1.1 Polea de cinta magnetofónica

En la figura 1.1.1 se muestra un croquis del conjunto montado de una polea de cinta magnetofónica. La rueda dentada (marca 1) encaja a presión en el hueco cilíndrico del tambor (marca 2), quedando centrado, de forma que el tambor sobresale simétricamente por arriba y por abajo. La pinza (marca 3) encaja en el hueco lateral del tambor (también a presión) quedando enrasada con él.

En la figura 1.1.2 se definen, también mediante un croquis, dos de las piezas que componen el conjunto. Por lo tanto, la única información dimensional de las figuras, es la dada por las cifras de cota. No se han representado las aristas ocultas, siendo necesario asumir la simetría de las piezas para tenerlas definidas completamente. La forma y dimensiones del tambor han de definirse para el encaje perfecto de las tres piezas.

Apartado A

Dibuje el conjunto montado a escala 4/1, en alzado (vista A) y planta, con el conjunto cortado al cuarto.

Apartado B

Represente las tres piezas que componen el conjunto en sistema diédrico europeo (a escala 4/1), con criterio de economía de vistas, cortes y secciones, incluyendo acotación completa.

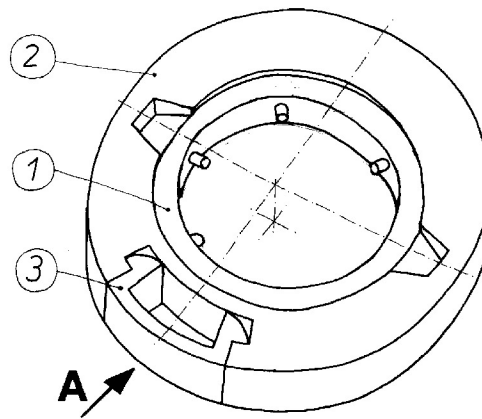


Figura 1.1.1

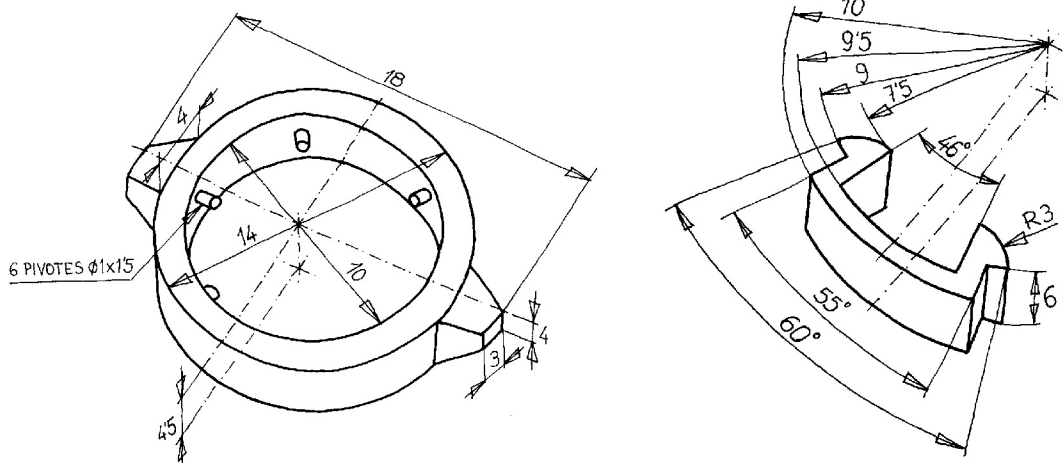
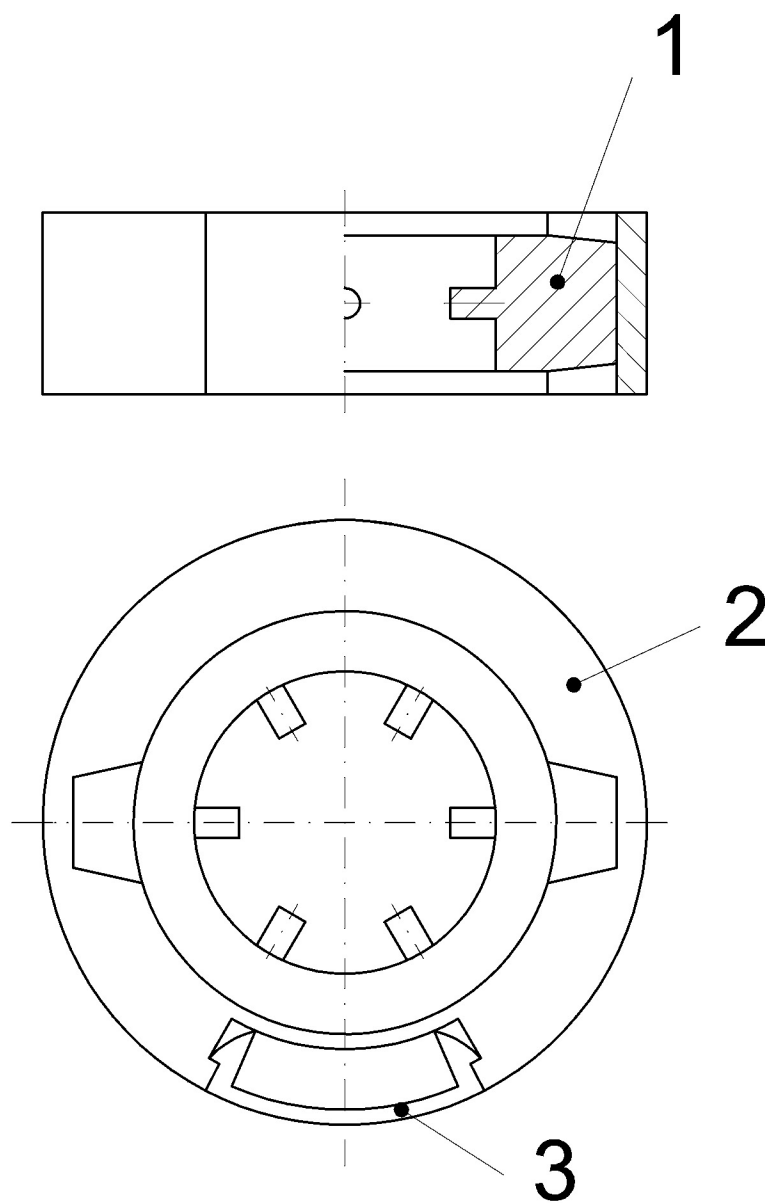


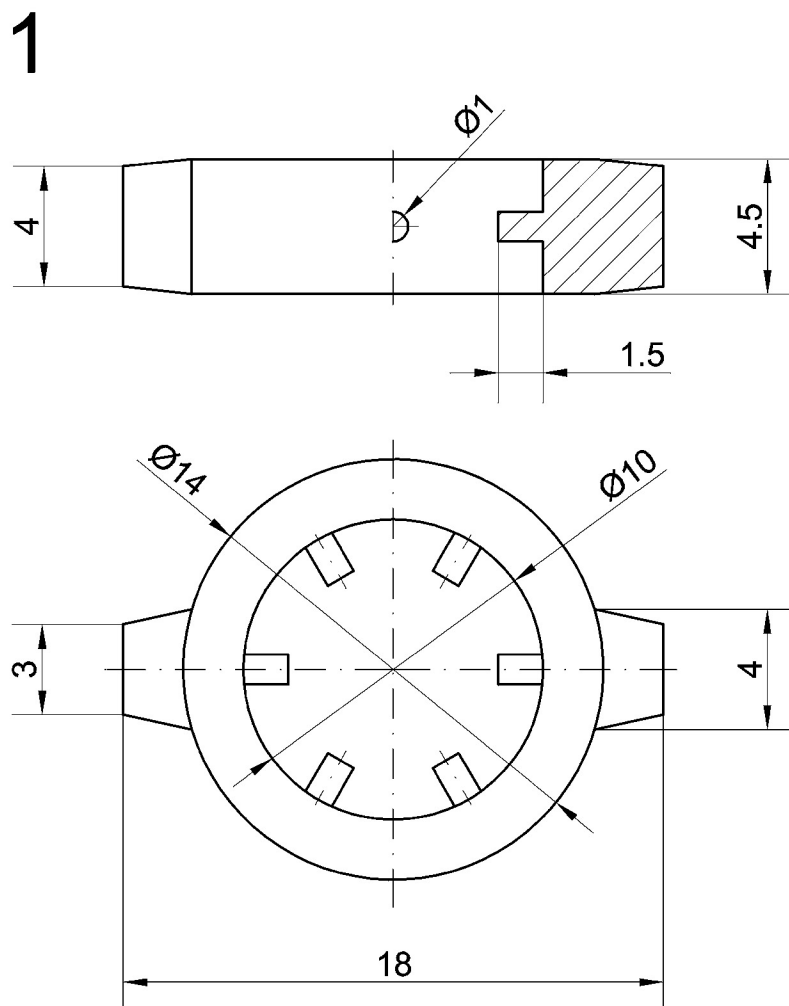




Figura 1.1.2

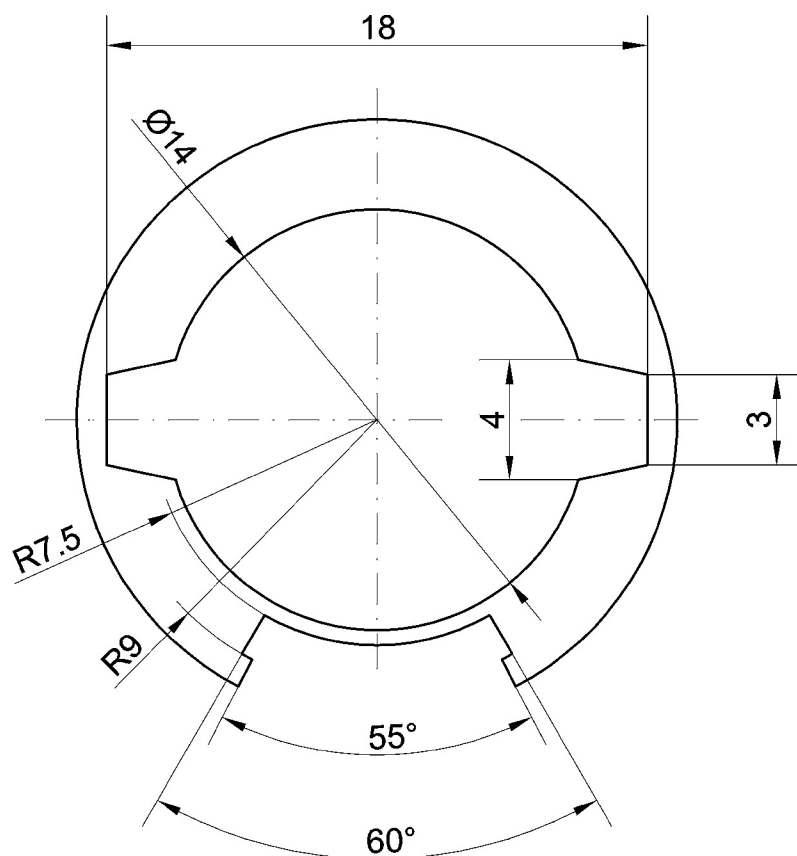
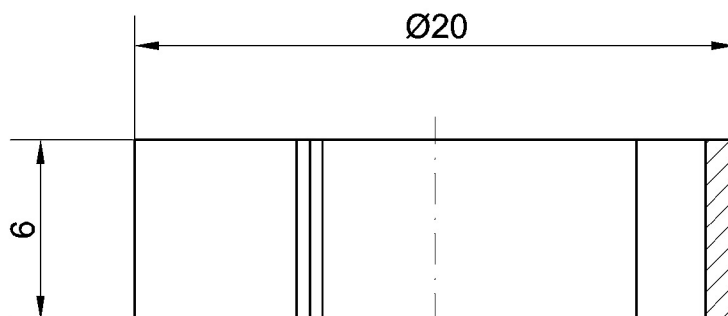




1	Pinza	3	PVC	
1	Tambor	2	PVC	
1	Rueda dentada	1	PVC	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones	
Observaciones		Título: POLEA DE CINTA MAGNETOFÓNICA	Plano nº: c1.e01	
			Hoja nº: 1 de 4	
Escala 4:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL MAR	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

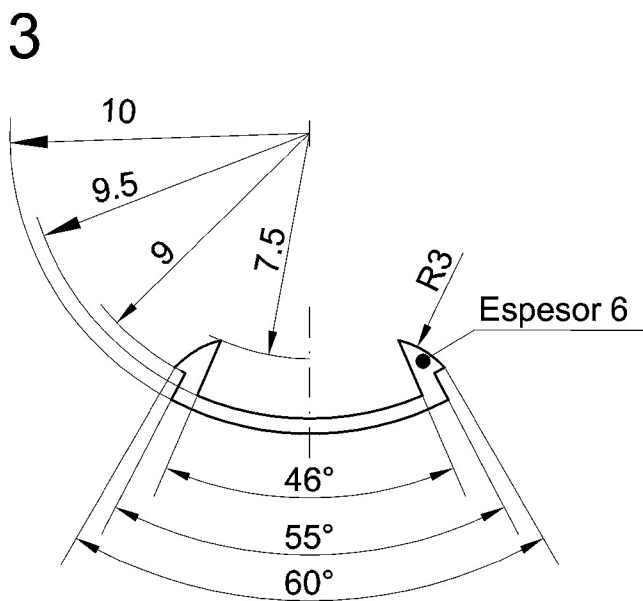




Observaciones		Título: Despiece polea de cinta magnetofónica RUEDA DENTADA	Plano nº: c1.e01	
			Hoja nº: 2 de 4	
Escala 4:1	Un. dim. mm		Dibujado por:	
			Comprobado por:	
			Fecha:	
			Fecha:	

2



Observaciones		Título: Despiece polea de cinta magnetofónica TAMBOR		Plano nº: c1.e01
				Hoja nº: 3 de 4
Escala 4:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITAT JAUME I	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: Despiece polea de cinta magnetofónica PINZA	Plano nº: c1.e01	
			Hoja nº: 4 de 4	
Escala 4:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD ANTONIO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.2 Polea de persiana

En la figura 1.2.1 se da la perspectiva explotada de un conjunto polea de persiana. El conjunto consta de tres elementos: rueda (de PVC), pasador (de aluminio L-2331) y soporte (de PVC).

Durante el montaje del conjunto, el pasador se remacha hasta quedar con una segunda cabeza semi-esférica semejante a la primera.

Apartado A

Realice un dibujo de conjunto, según la dirección A, en semivista-semicorte, a escala 3:1. Incluya el cajetín de despiece, con marcas, denominaciones y número de piezas.

Apartado B

Defina, a escala 2/1, todas y cada una de las piezas que componen el conjunto. La determinación debe incluir acotación completa.

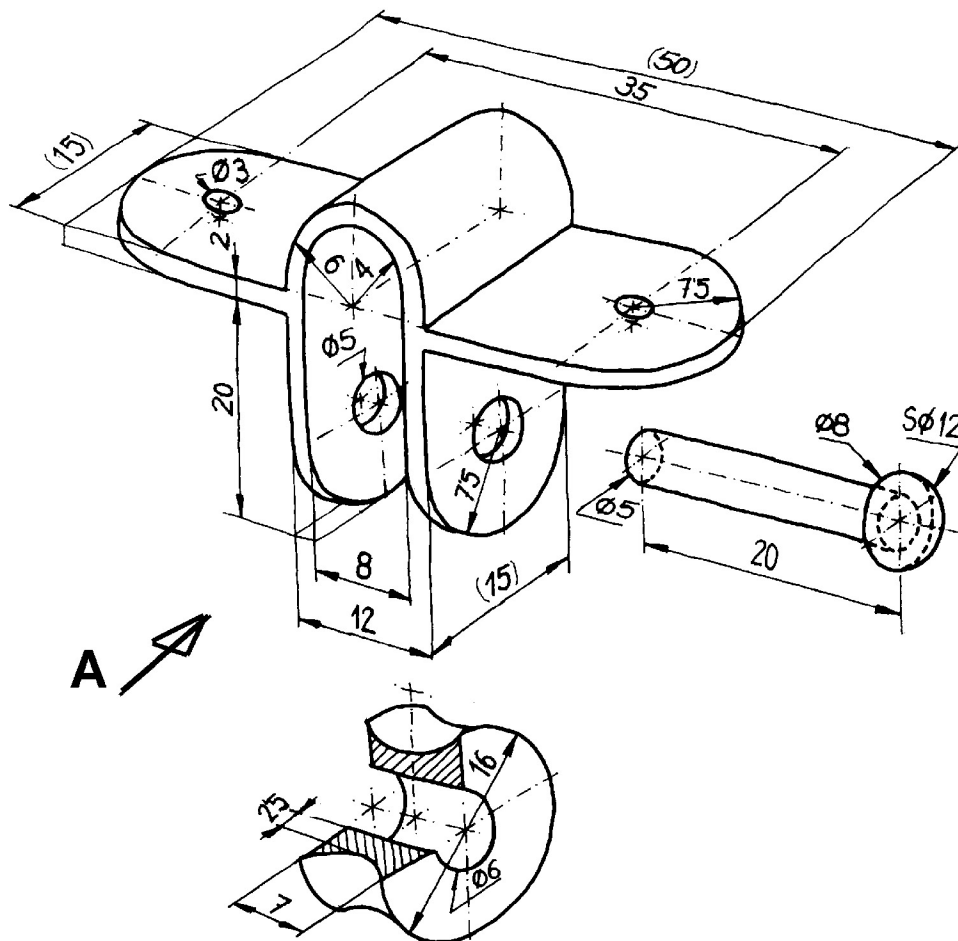
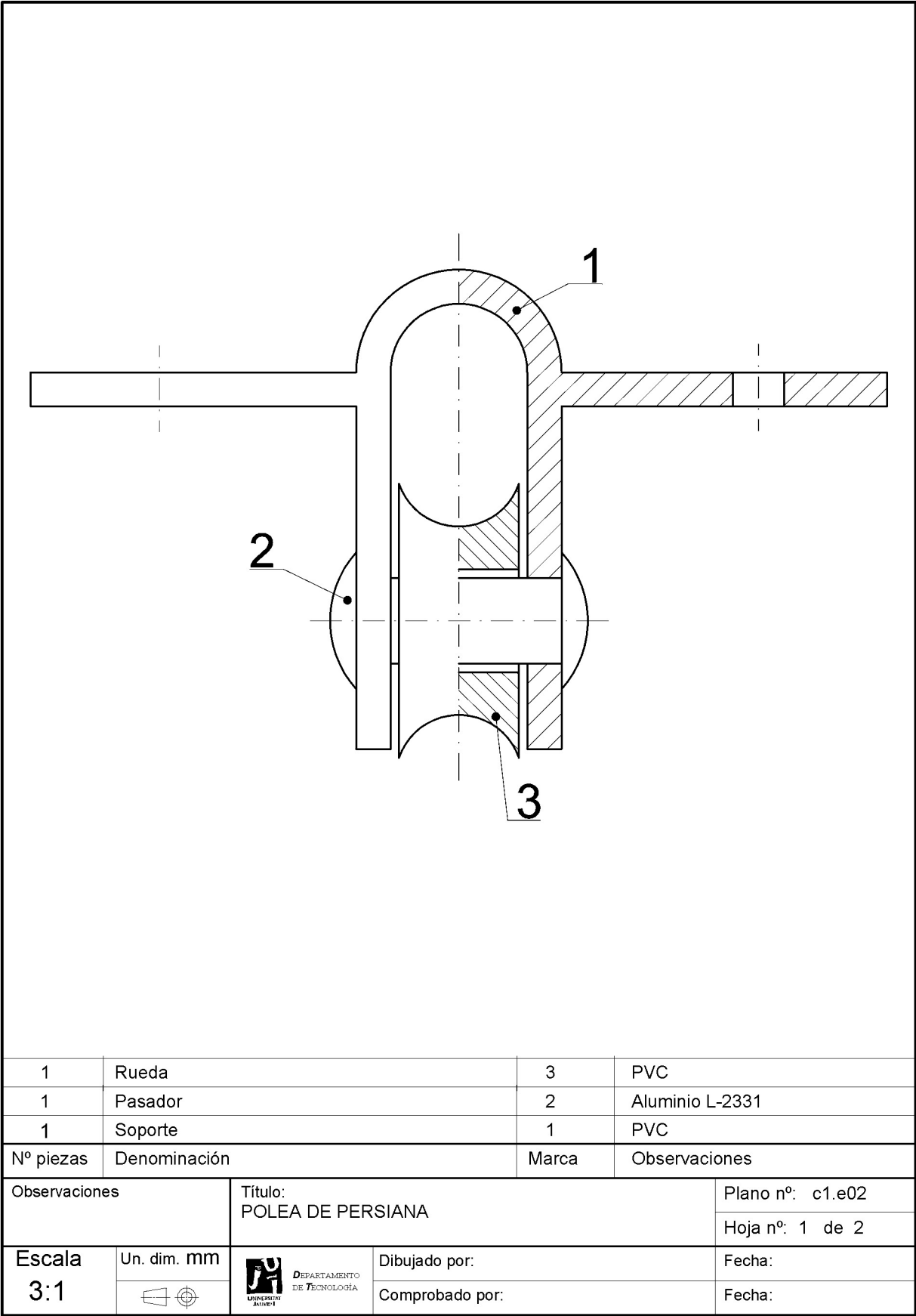
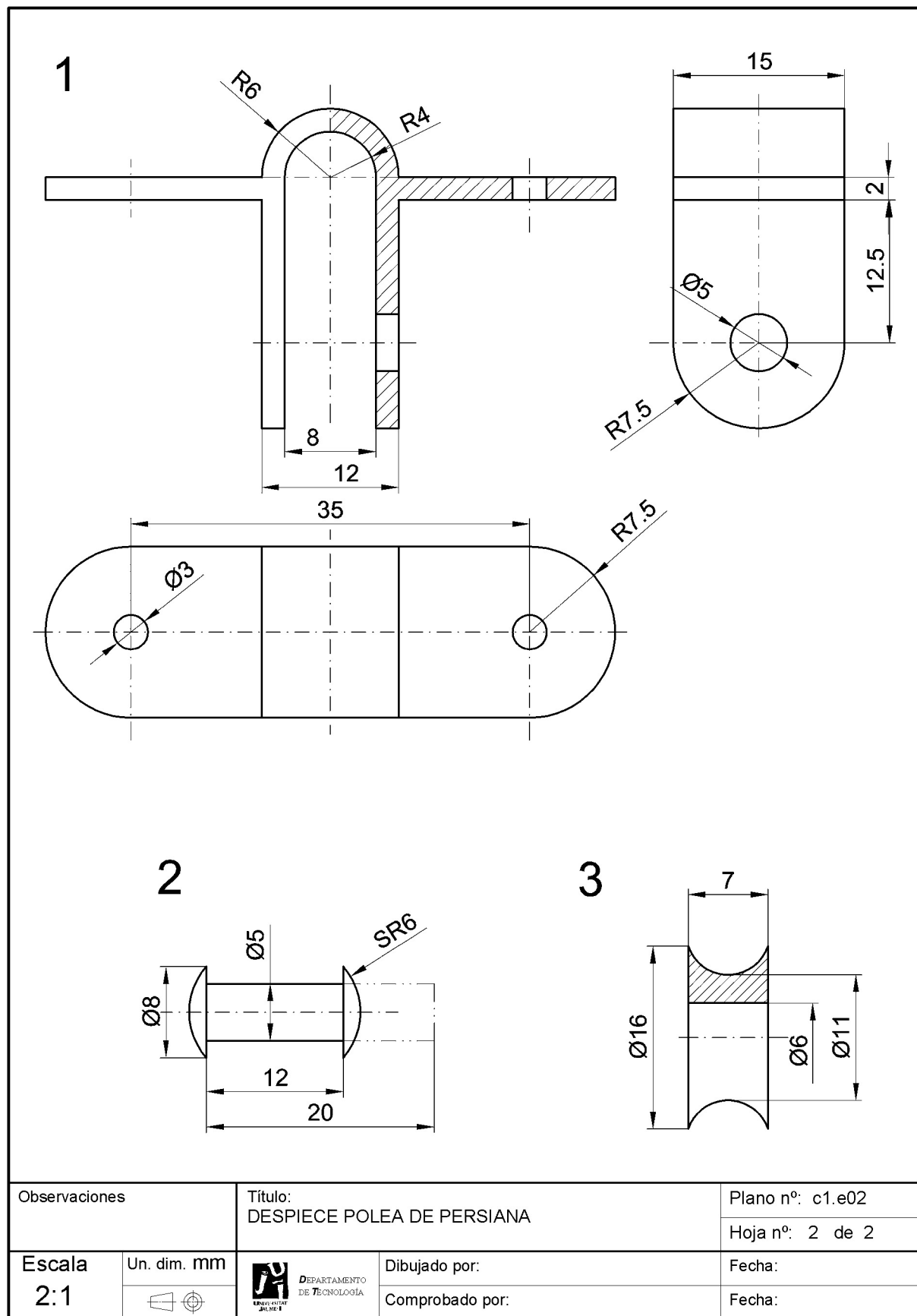


Figura 1.2.1





Ejercicio 1.3 Base y tapa

La figura 1.3.1 define dos piezas que forman parte de un conjunto. Tanto la tapa como la base están croquizadas en pseudoperspectiva. Por lo tanto, la única información dimensional de las figuras es la dada por las cifras de cota. No se han representado todas las aristas ocultas, por lo que es necesario asumir la simetría de las piezas para tenerlas definidas completamente.

La tapa descansa sobre la cara superior del cilindro de la base, y sus aletas encajan en las ranuras de la base.

A las dos piezas les faltan operaciones para alcanzar su forma definitiva:

Tapa:

- Falta matar la arista AB, y su simétrica, redondeándola con un radio de 5 mm.

Base:

- Falta redondear la arista AB, y su simétrica, con un radio de 10 mm.
- Falta redondear la arista CD, y su simétrica, con un radio de 10 mm.
- Falta añadir dos nervios simétricos, con forma de triángulo rectángulo. Los catetos mayores apoyan en las generatrices del cilindro que pasan por E y G, y miden 80 mm. Los catetos menores apoyan en la parte inferior del rombo sobre la línea imaginaria que une B y su simétrico, y miden 60 mm. El espesor es de 8 mm.

A ambas piezas se les practican dos taladros simétricos de 10 mm de diámetro. Los ejes de los taladros están situados en el plano de simetría, son paralelos a la diagonal del rombo por A y están situados a 10 mm del extremo inferior del ala de la tapa. Los taladros atraviesan completamente el ala de la tapa, y en la base llegan a una profundidad de 10 mm desde el fondo de la ranura de la base.

Apartado A

Dibuje el conjunto montado en perspectiva isométrica ($E_x = E_y = E_z = 4/5$). El conjunto se debe dibujar cortado al cuarto (planos de simetría que pasan por el eje del cilindro y por las aristas AB y CD de la base, respectivamente).

Apartado B

Defina las dos piezas que componen el conjunto en diédrico europeo (a escala 1/2), utilizando las vistas, cortes, secciones y acotación necesarias.

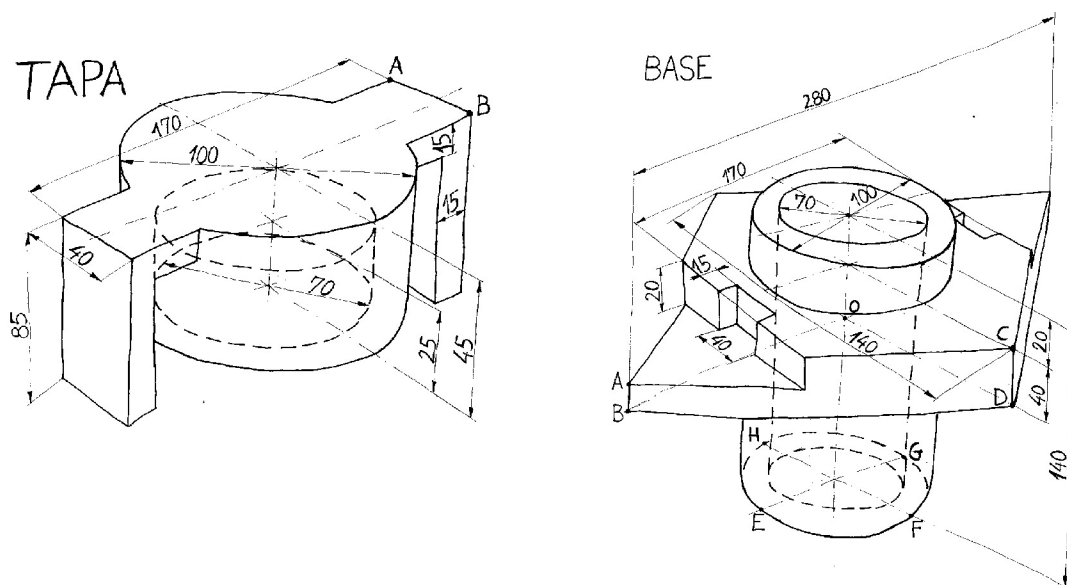
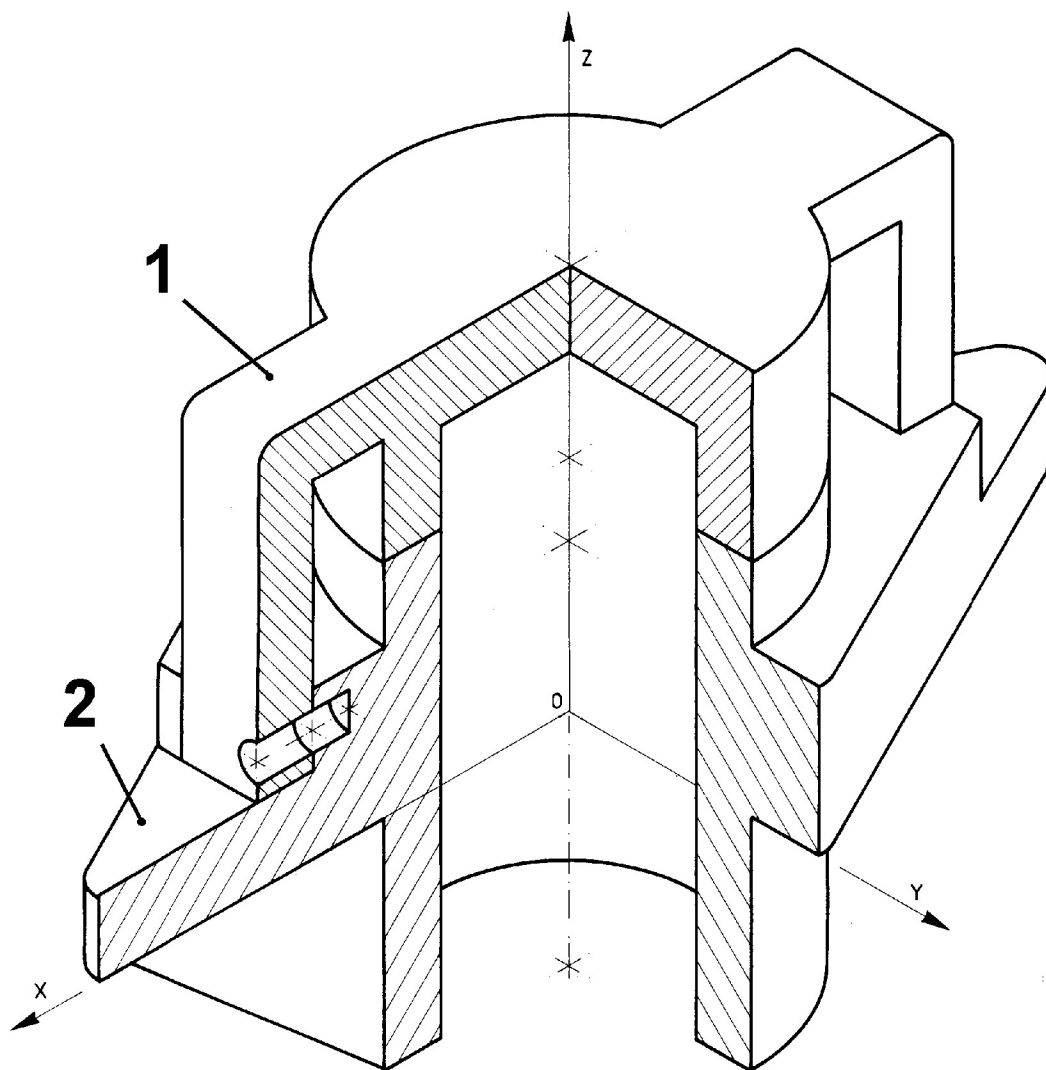


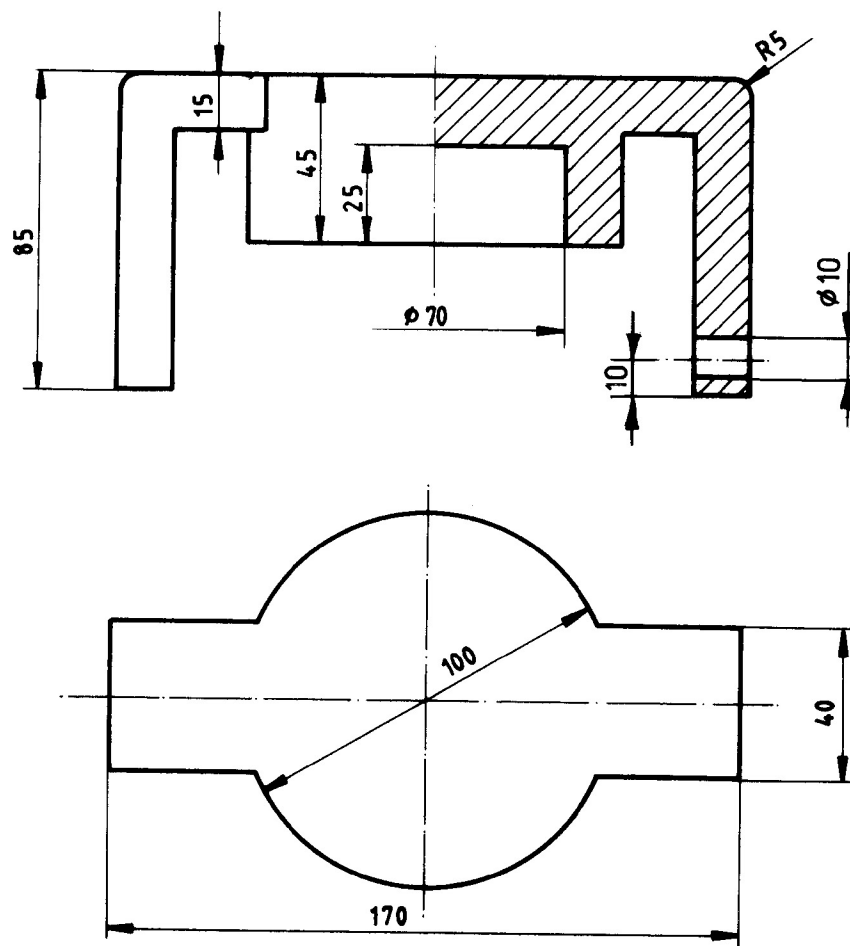
Figura 1.3.1.





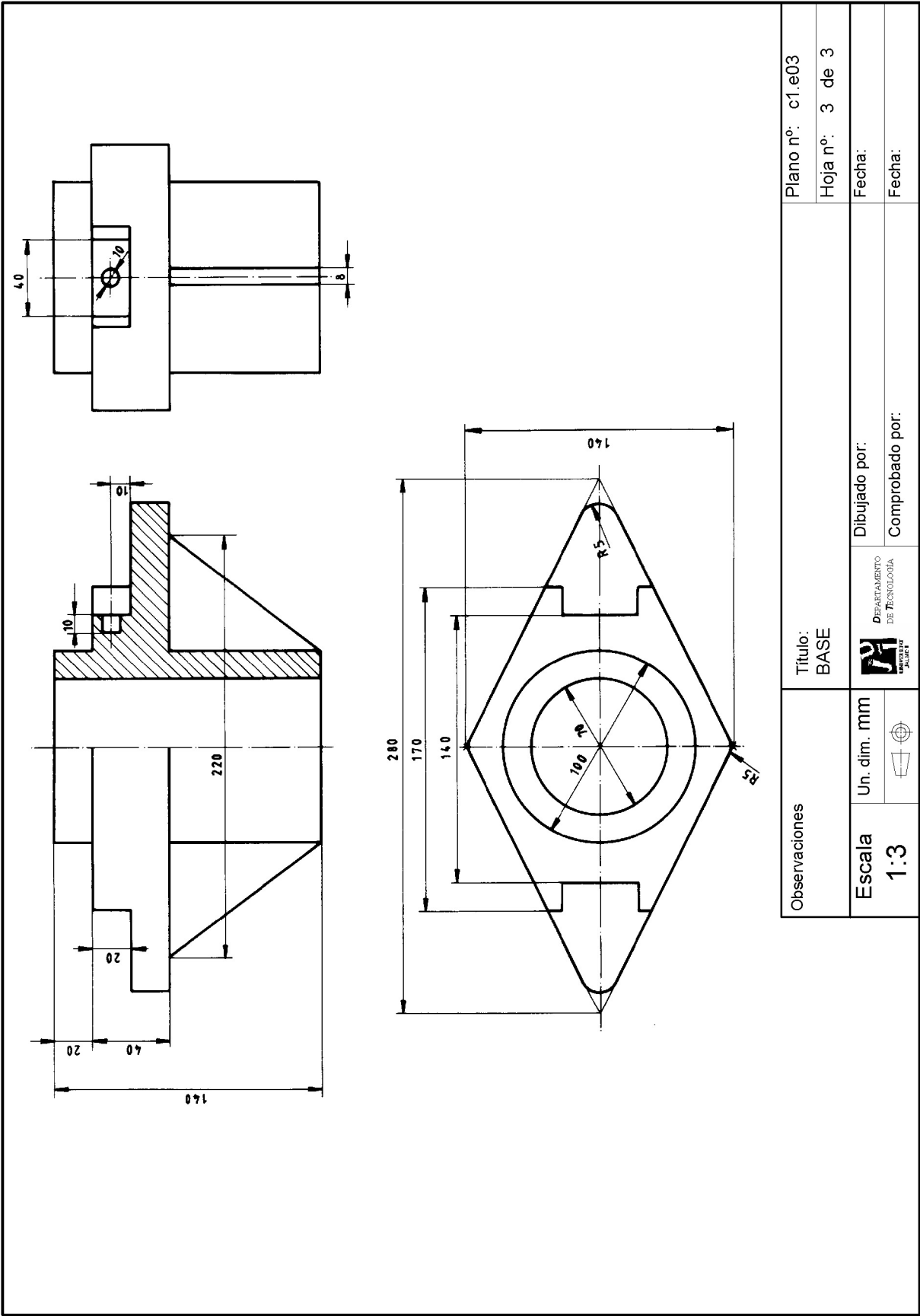
1	Tapa	2	
1	Base	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: BASE Y TAPA	
		Plano nº: c1.e03	
		Hoja nº: 1 de 3	
Escala 4:5	Un. dim. mm	Dibujado por:	
		Comprobado por:	
		Fecha:	
		Fecha:	



DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA



Observaciones		Título: Despiece base y tapa TAPA		Plano nº: c1.e03
				Hoja nº: 2 de 3
Escala 1:2	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Ejercicio 1.4 Guía para puerta

En la figura 1.4.1 se muestra una perspectiva explotada de los componentes que forman el conjunto guía para puerta (axonometría isométrica con escalas $E_x=E_y=E_z=1$). La pieza 1 (cuerpo), fabricada en fundición FG10, se une a la puerta y sirve como soporte para el resto de elementos que componen la guía, gracias a los pasadores 2 y 5 (acero F-1140). La guía marca 3 (acero F-1140) desliza por una ranura del marco de la puerta, permitiendo su giro el casquillo marca 4 (bronce C-6440).

Apartado A

Realice el dibujo de conjunto incluyendo la lista de elementos.

Apartado B

Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto con criterio de economía de vistas y cortes, e incluyendo acotación completa.

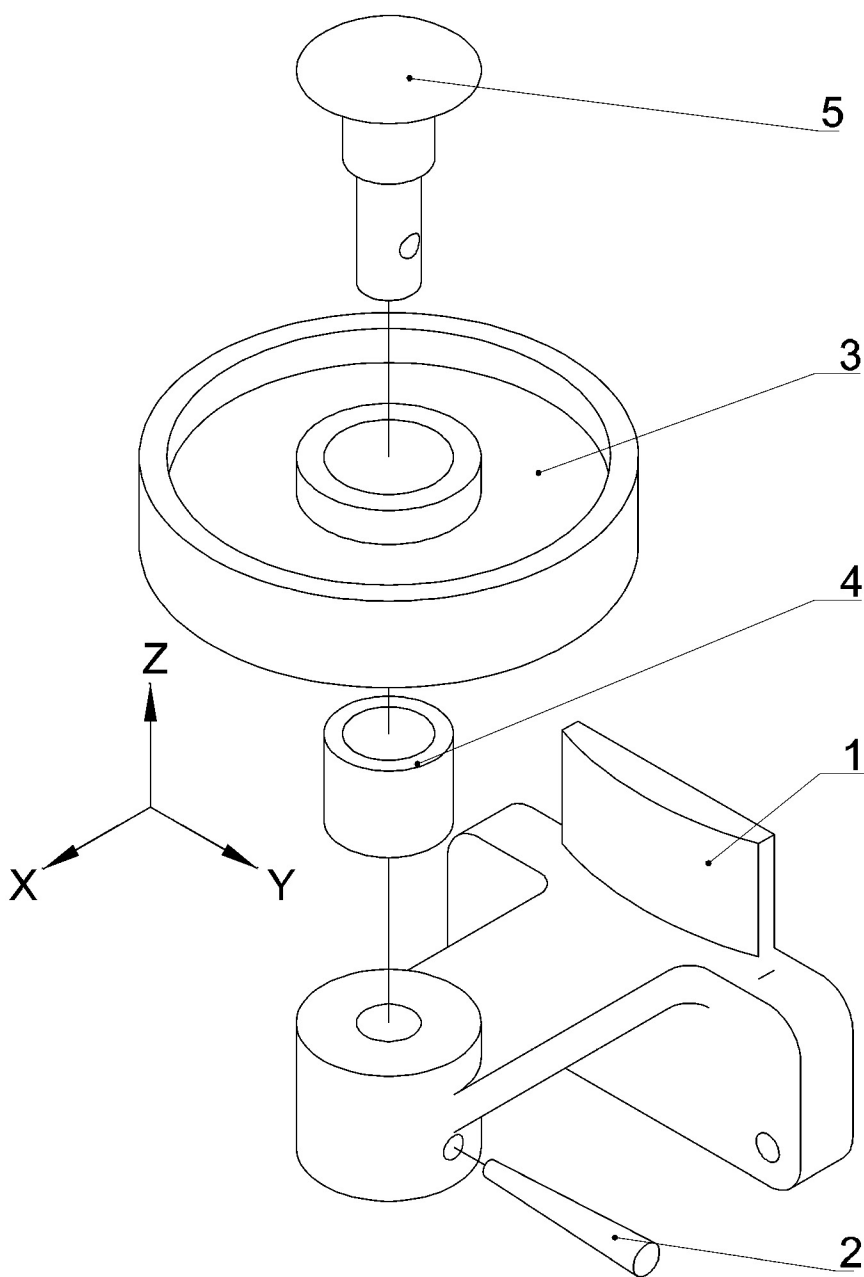
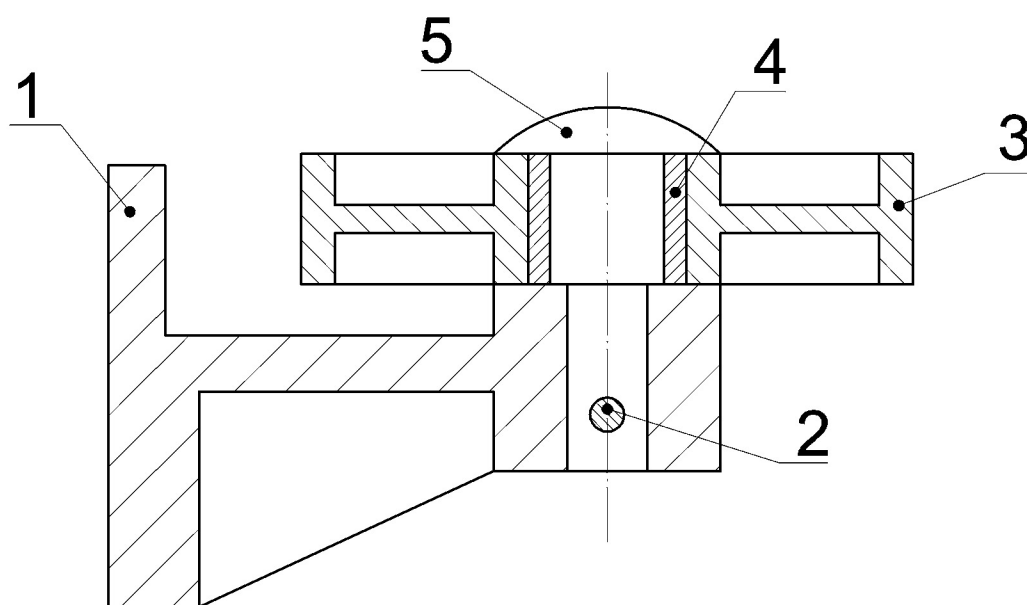


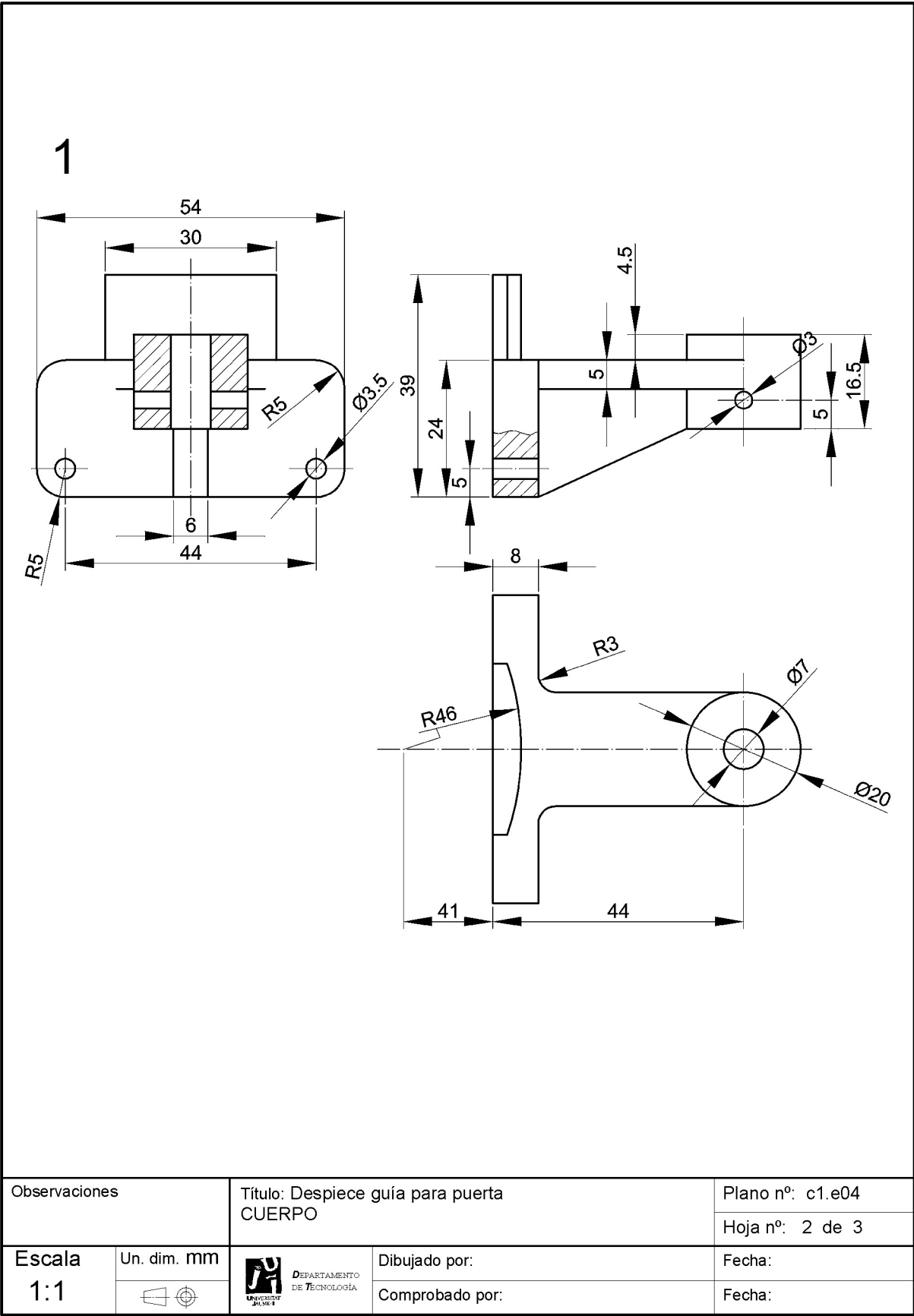


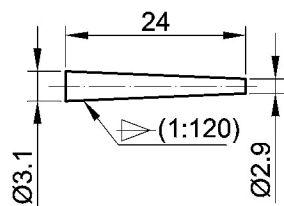
Figura 1.4.1



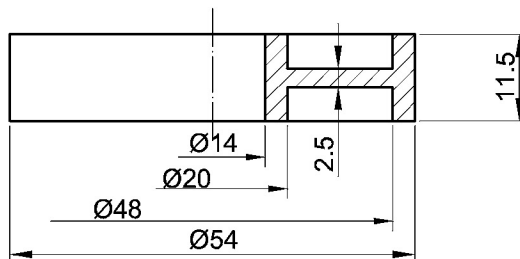
1	Pasador	5	Acero F-1140	
1	Casquillo	4	Bronce C-6440	
1	Guía	3	Acero F-1140	
1	Pasador	2	Acero F-1140	
1	Cuerpo	1	Fundición FG10	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones	
Observaciones		Título: GUÍA PARA PUERTA	Plano nº: c1.e04	
			Hoja nº: 1 de 3	
Escala 3:2	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



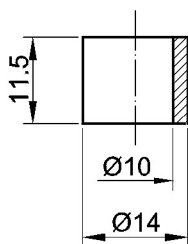
2



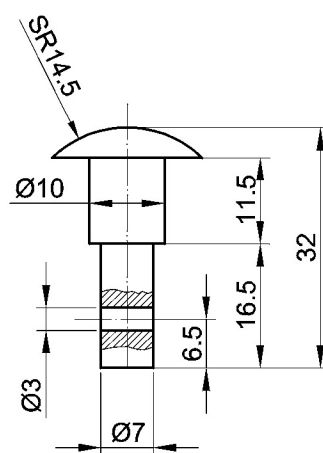
3





4



5



Observaciones		Título: DESPIECE GUÍA PARA PUERTA		Plano nº: c1.e04	
				Hoja nº: 3 de 3	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	

Ejercicio 1.5 Racor

En la figura 1.5.1 se da un croquis en pseudoperspectiva del prediseño de un racor. El conjunto se ha representado explotado respecto a su posición de montaje y con todas sus piezas cortadas al cuarto. Para su montaje, la junta de apriete marca 3 se introduce por el exterior del adaptador de salida marca 2. Ambos se introducen por el cuerpo de racor marca 4 alojándose en su base, quedando fijos por medio del manguito de entrada marca 1 que se rosca en él.

A efectos de determinar las dimensiones de las piezas, se puede suponer que la representación es una axonometría ortogonal isométrica con escalas $E_x=E_y=E_z=1$. Puesto que las medidas que se puedan tomar sobre la figura 1.5.1 no serán exactas, se podrán modificar en un rango de ± 2 mm. Pero se deberá tener especial cuidado en que las dimensiones elegidas permitan el montaje y funcionamiento del conjunto.

Las denominaciones y materiales de las piezas que componen el conjunto son:

1. Manguito de entrada (bronce C-6135)
2. Adaptador de salida (bronce C-6135)
3. Junta de apriete (goma)
4. Cuerpo de racor (bronce C-6135)

Apartado A

Dibuje el conjunto montado en semivista semicorte, según la dirección A.

Realice el correspondiente cajetín de despiece.

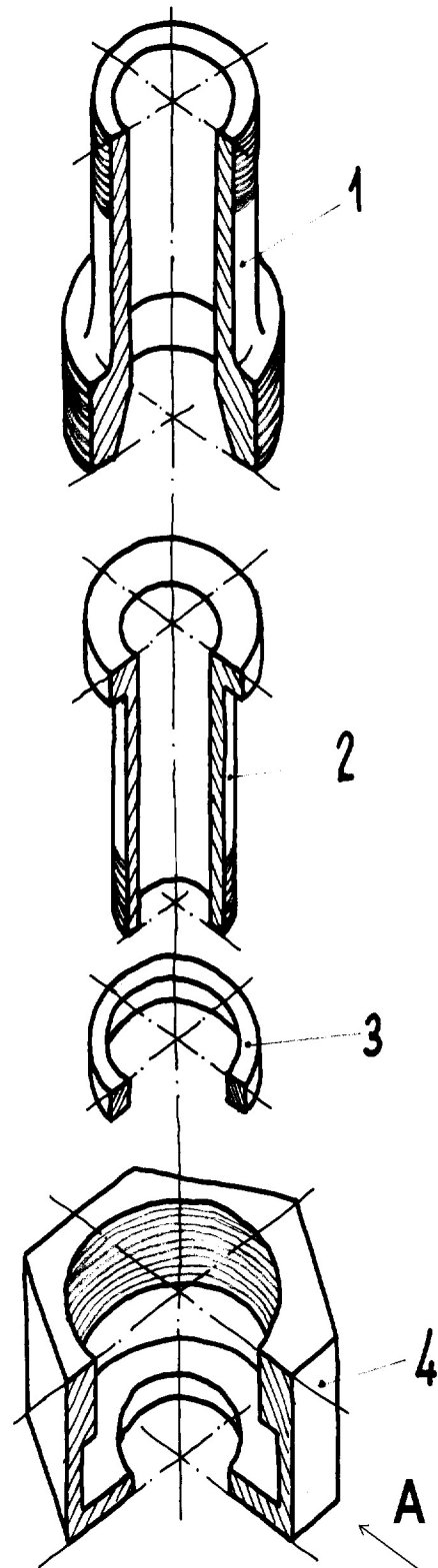
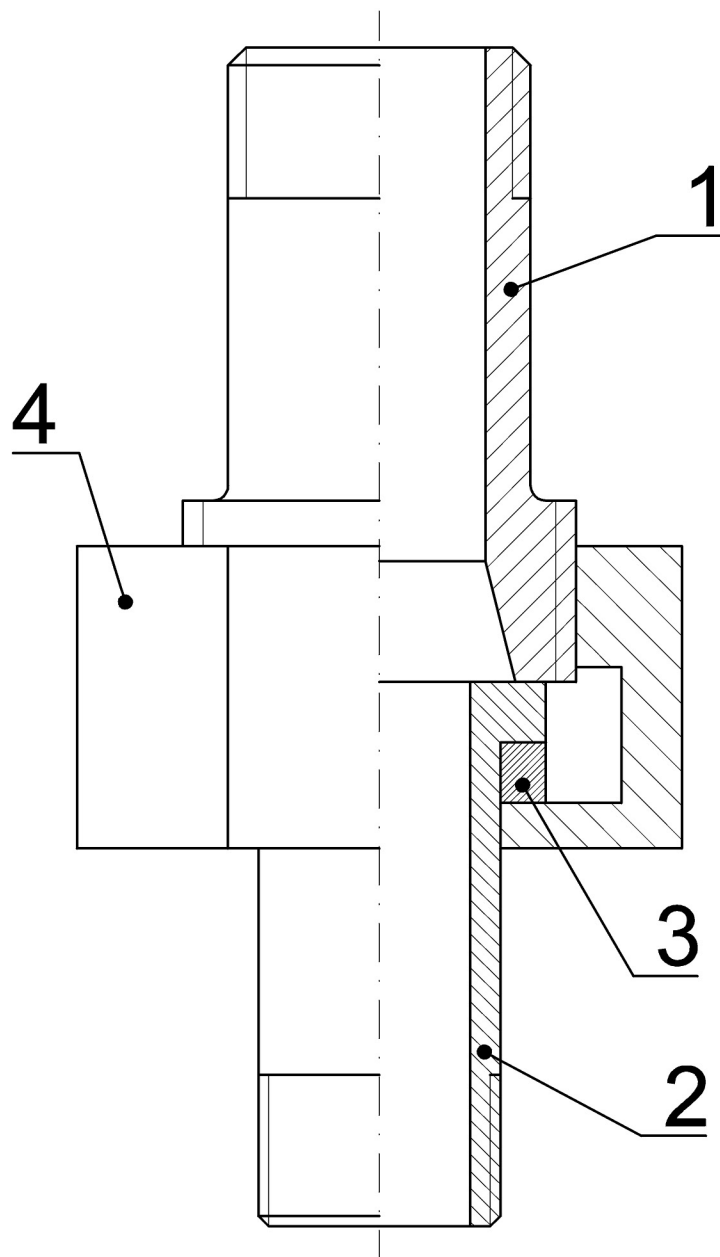




Figura 1.5.1



1	Cuerpo de racor	4	Bronce C-6135
1	Junta de apriete	3	Goma
1	Adaptador de salida	2	Bronce C-6135
1	Manguito de entrada	1	Bronce C-6135
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: RACOR	Plano nº: c1.e05
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 2:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:

Ejercicio 1.6 Regleta de conexiones

En la figura 1.6.1 se ha representado en explosión por medio de una axonometría ortogonal isométrica a escalas $E_x=E_y=E_z=3/2$ una regleta de conexiones. Asimismo se ha representado por medio de un abatimiento el alzado y planta de la base de PVC (marca 1).

La pieza marca 2 es de bronce y se encaja a presión en la base. Se sitúan sendos orificios coincidentes, por los cuales se introducen los cables. La pieza marca 3 (también de bronce) se rosca en la nº 2 para presionar sobre los cables y conseguir un buen contacto entre ellos. El tapón de PVC (marca 4) encaja a presión para aislar la conexión.

Apartado A

Represente a escala 4:1 el conjunto regleta de conexiones, en sistema diédrico europeo, con criterio de economía de vistas, cortes y secciones, situando la pieza 3 en una posición intermedia de rosca-do. Incluya el cajetín de despiece, con marcas, denominaciones, número de piezas y material.

Apartado B

Defina a escala 3:1 todas las piezas que componen el conjunto.

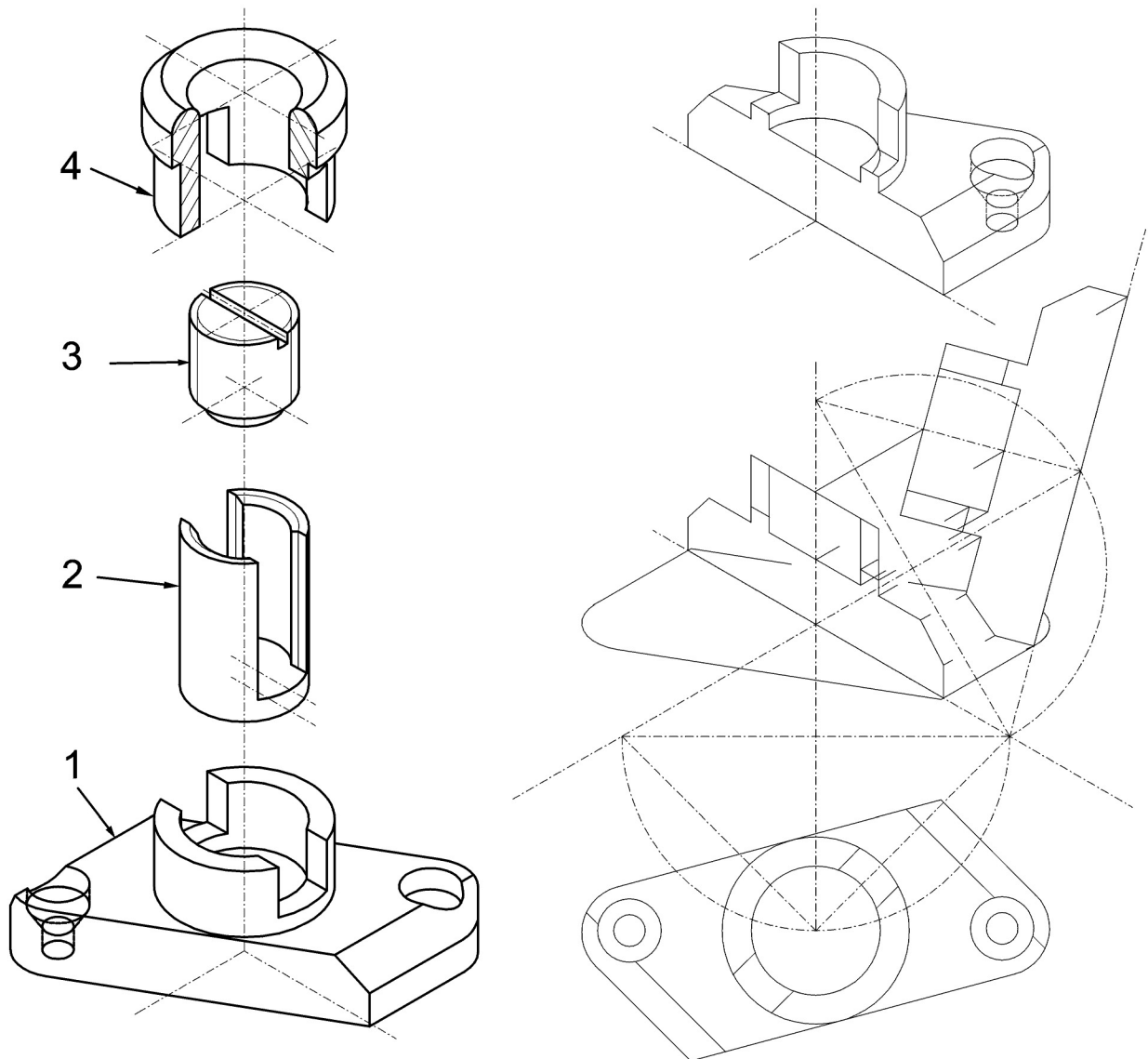
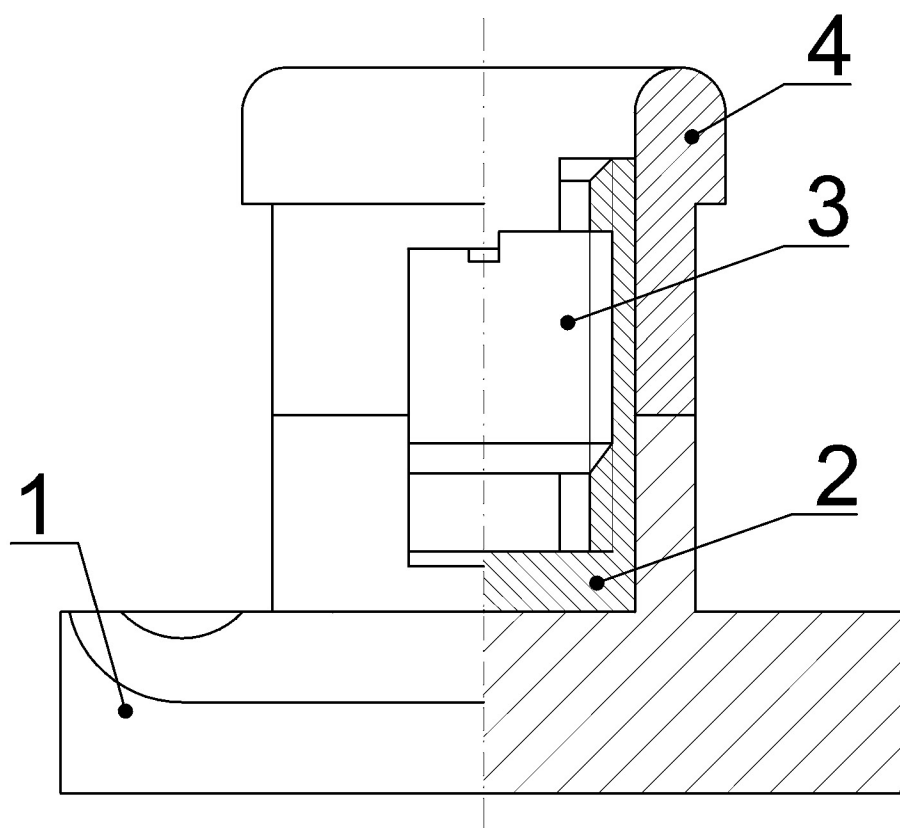



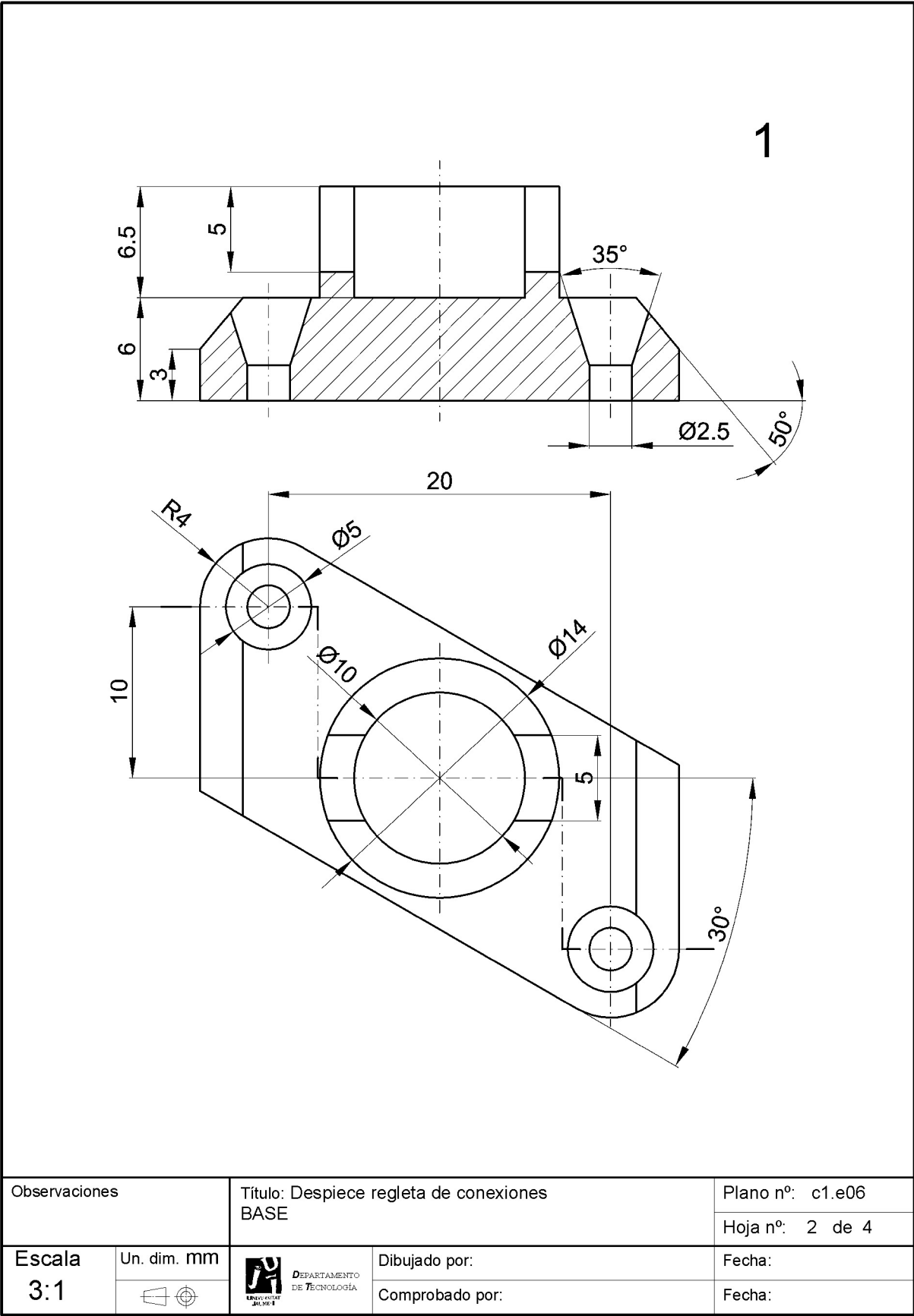
Figura 1.6.1

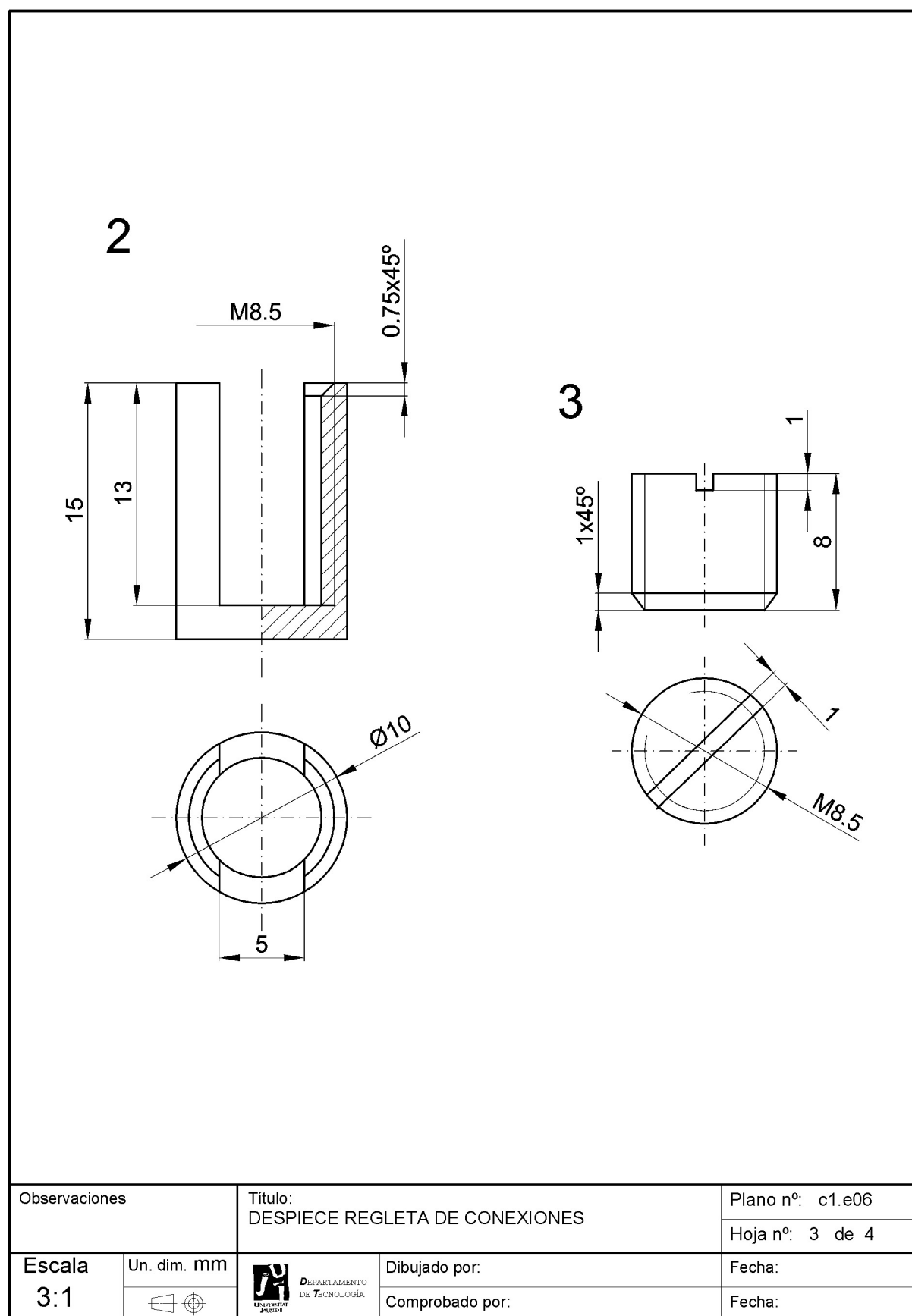


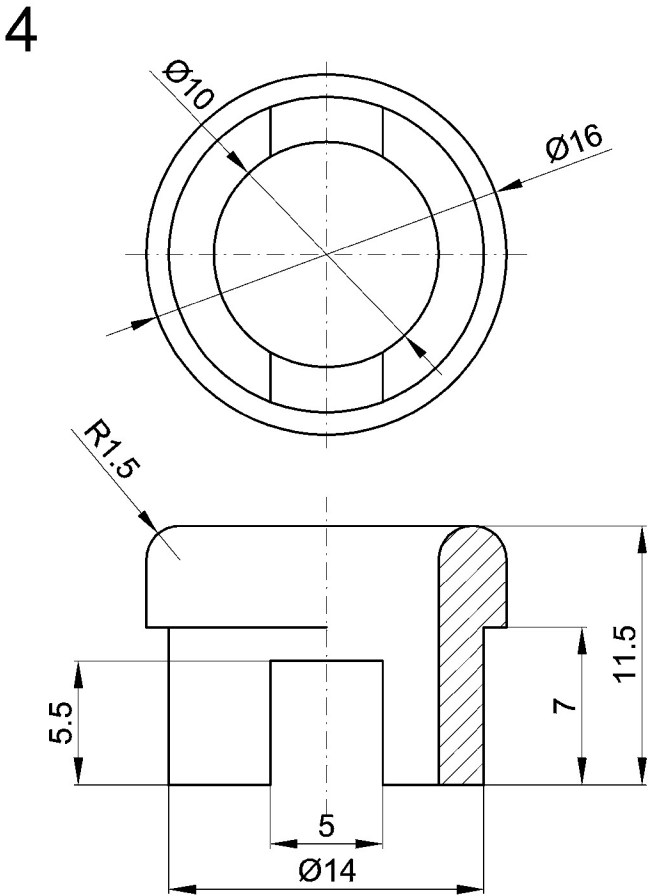
1	Tapón	4	PVC
1	Tornillo de conexión	3	Bronce
1	Tuerca de conexión	2	Bronce
1	Base	1	PVC
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: REGLETA DE CONEXIONES	Plano nº: c1.e06
			Hoja nº: 1 de 4
Escala 4:1	Un. dim. mm	Dibujado por:	Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:





DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA
UNIVERSITAT JAUME I







Observaciones		Título: Despiece regleta de conexiones TAPA		Plano nº: c1.e06
				Hoja nº: 4 de 4
Escala 3:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.7 Palanca de regulación

En la figura 1.7.1 se representan dos pseudopespectivas croquizadas explotadas de los brazos inferior (marca 2) y superior (marca 1) que forman el conjunto de una palanca de regulación de la dirección de un coche teledirigido. No se han dibujado las aristas ocultas y las únicas dimensiones válidas son las dadas por la acotación. Las dimensiones no indicadas en cada pieza deben elegirse para permitir el correcto funcionamiento del conjunto.

Apartado A

Realice el dibujo de conjunto, a escala 2/1, mediante una vista en alzado (según A) y una vista en planta, en donde se pueda apreciar el ajuste entre ambos brazos. Incluya la lista de elementos. La disposición de los brazos en funcionamiento es tal, que el plano de simetría de uno de ellos queda perpendicular a la disposición del nervio del otro, tal y como se muestra en la figura 1.7.1.

Apartado B

Defina mediante vistas, cortes y acotación completa ambos brazos de la palanca a escala 2/1.

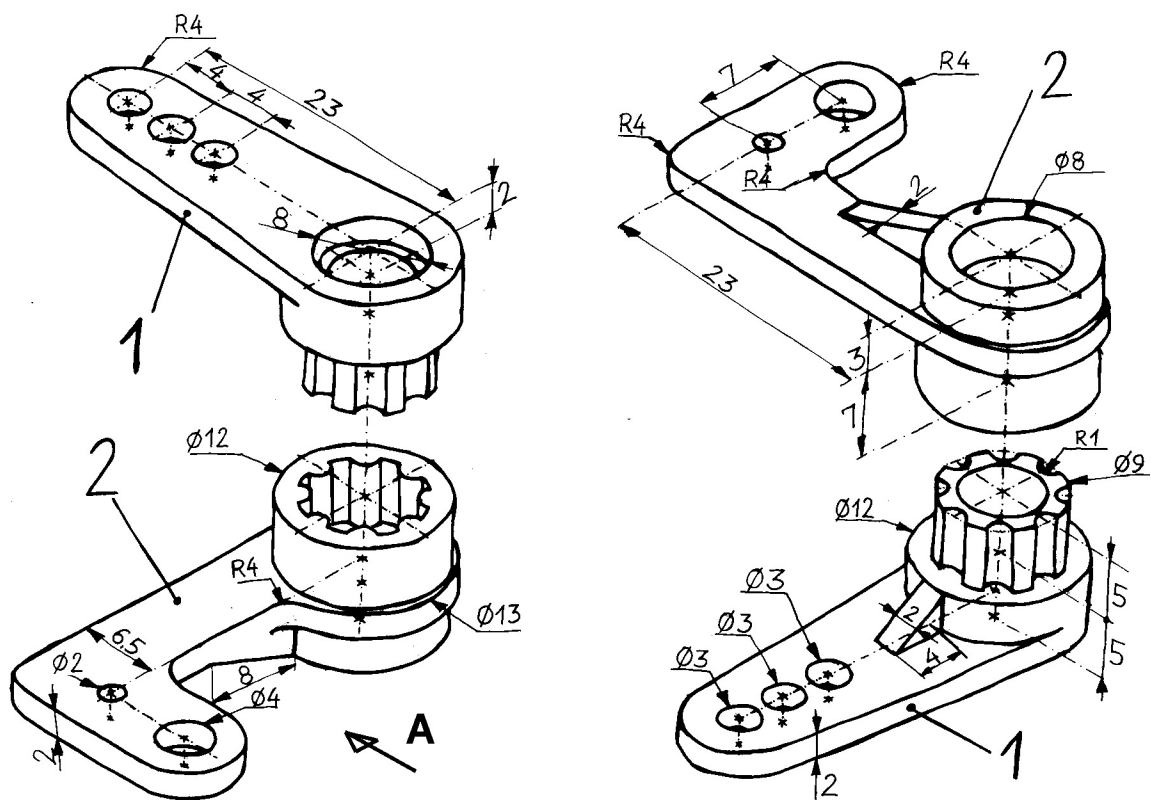
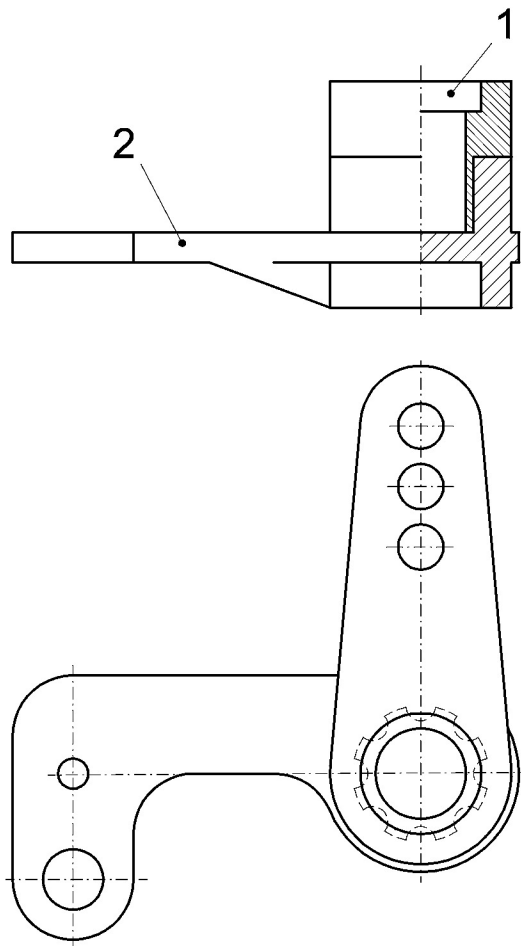


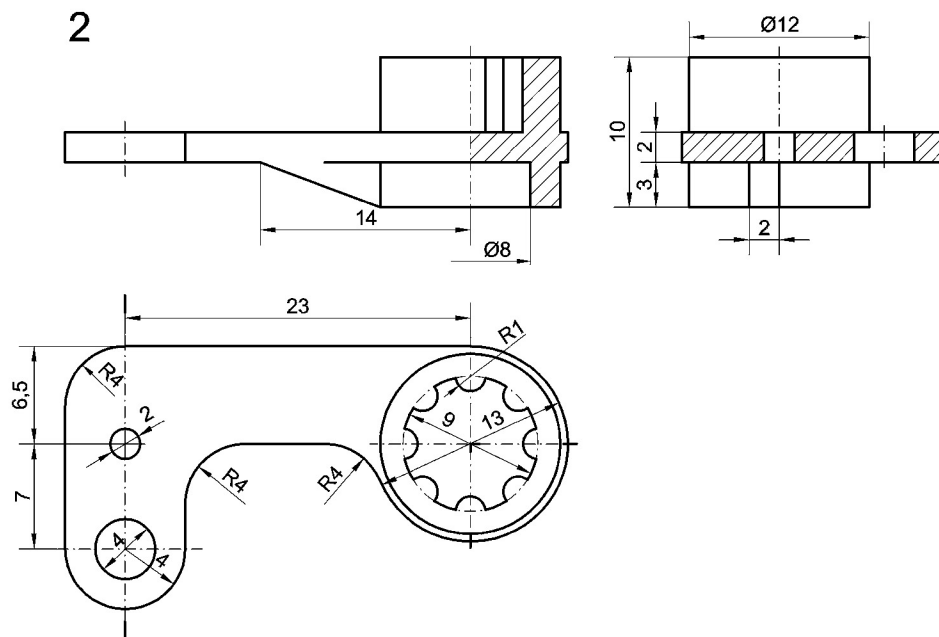
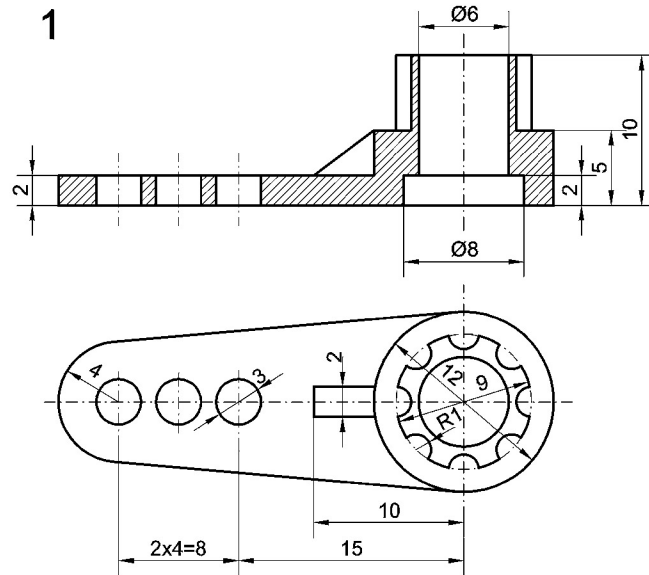




Figura 1.7.1



1	Brazo superior	2	PVC
1	Brazo inferior	1	PVC
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: PALANCA DE REGULACIÓN COCHE TELEDIRIGIDO	Plano nº: c1.e07
			Hoja nº: 1 de 2
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:



Observaciones		Título: PALANCA DE REGULACIÓN COCHE TELEDIRIGIDO. DESPIECE	Plano nº: c1.e07	
			Hoja nº: 2 de 2	
Escala 2:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA <small>UNIVERSITAT JAUME I</small>	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.8 Bisagra

En la figura 1.8.1 se da una perspectiva explotada (axonometría ortogonal isométrica con escalas $E_x=E_y=E_z=1/2$) de las piezas que componen una bisagra:

- | | |
|--------------|--------------------|
| 1. Base | 4. Arandela |
| 2. Soporte | 5. Tornillo |
| 3. Casquillo | 6. Tuerca almenada |

No se han representado las aristas ocultas por lo que se debe suponer la simetría de las piezas para su completa definición.

Se debe añadir un pasador que asegure que la tuerca no se desenrosque, debiendo taladrar su alojamiento en el tornillo una vez montadas todas las piezas.

Apartado A

Represente el dibujo de conjunto a escala 1/1 incluyendo cajetín de despiece.

Apartado B

Defina mediante representación normalizada con vistas, cortes y acotación completa todas las piezas que componen el conjunto, incluyendo el pasador añadido.

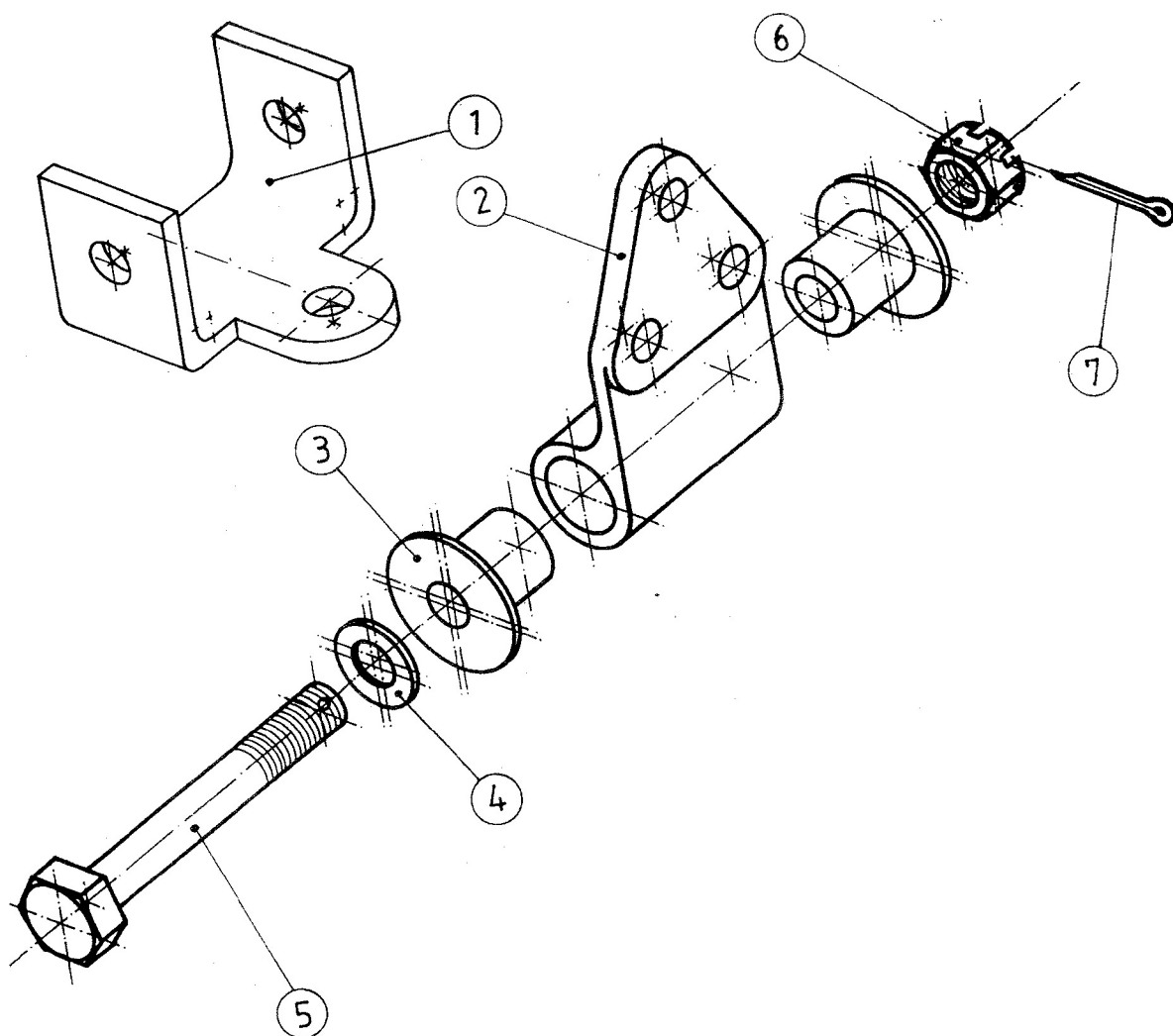
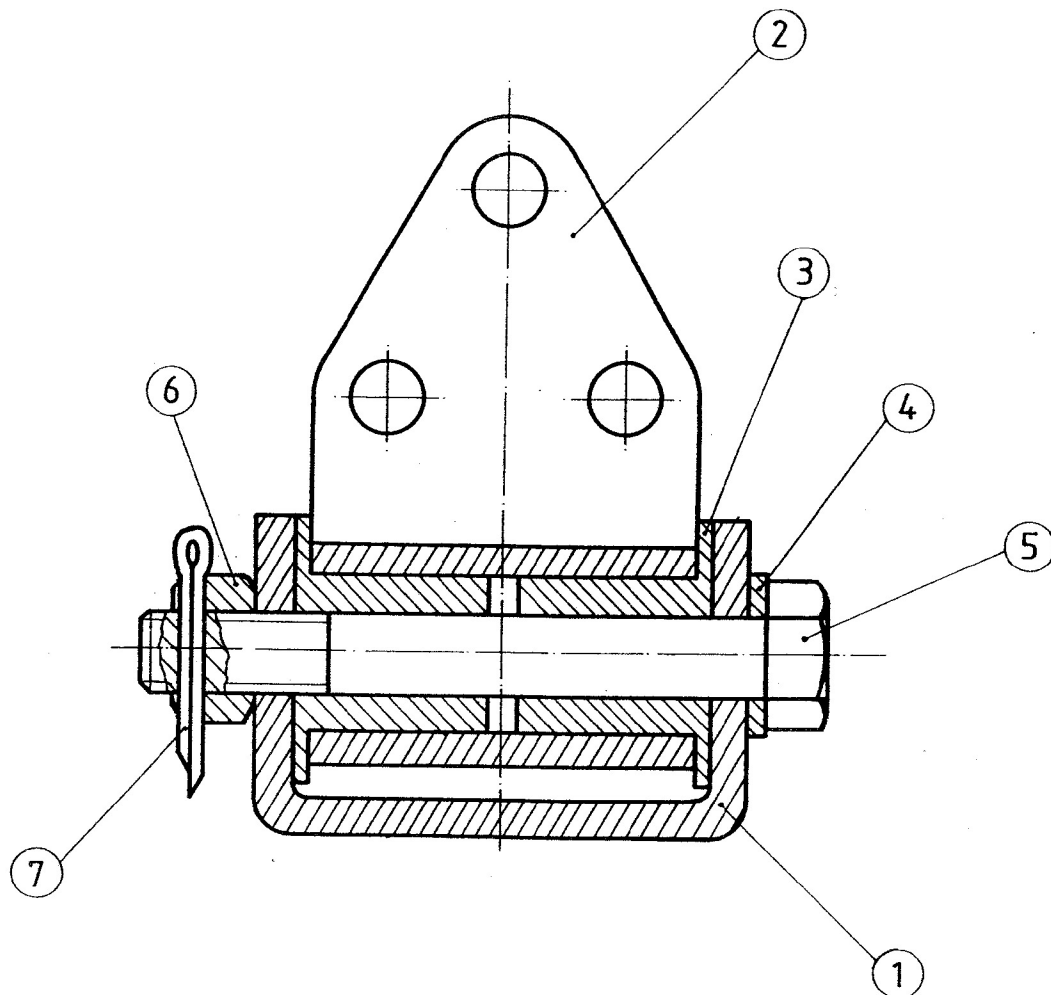
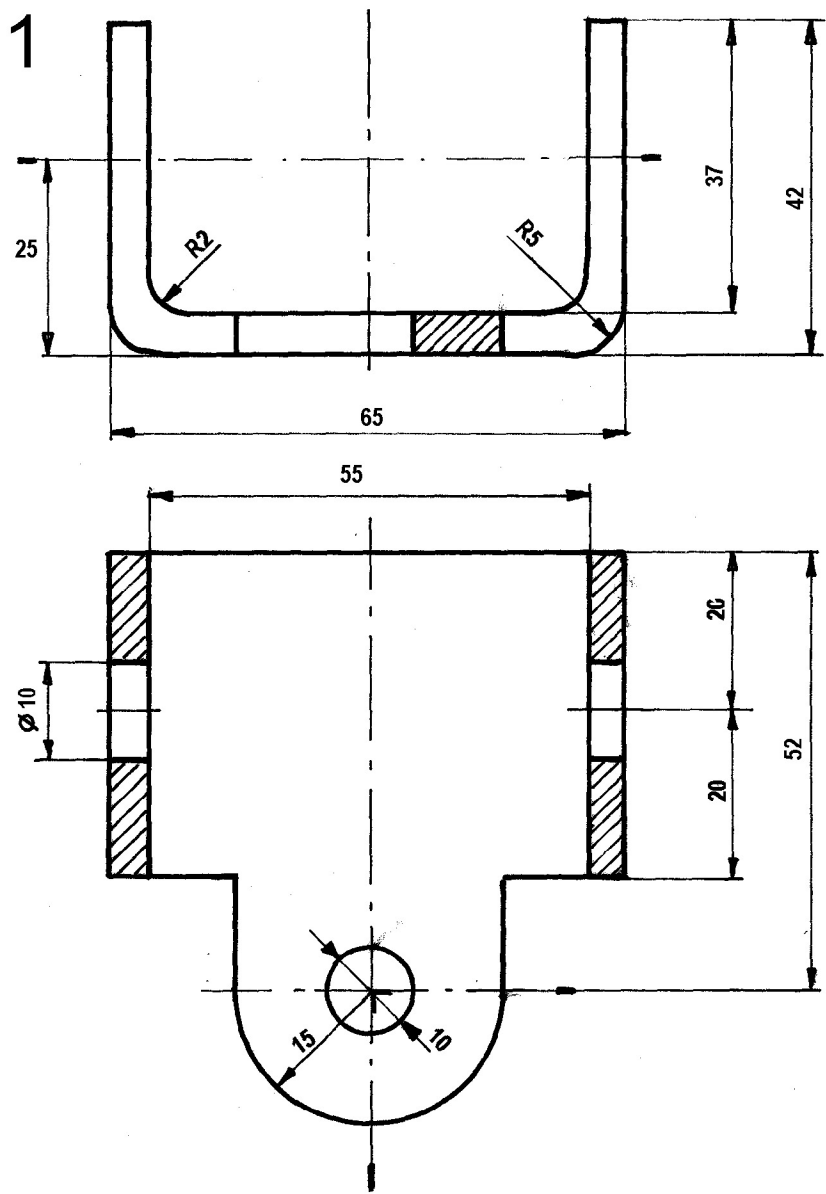




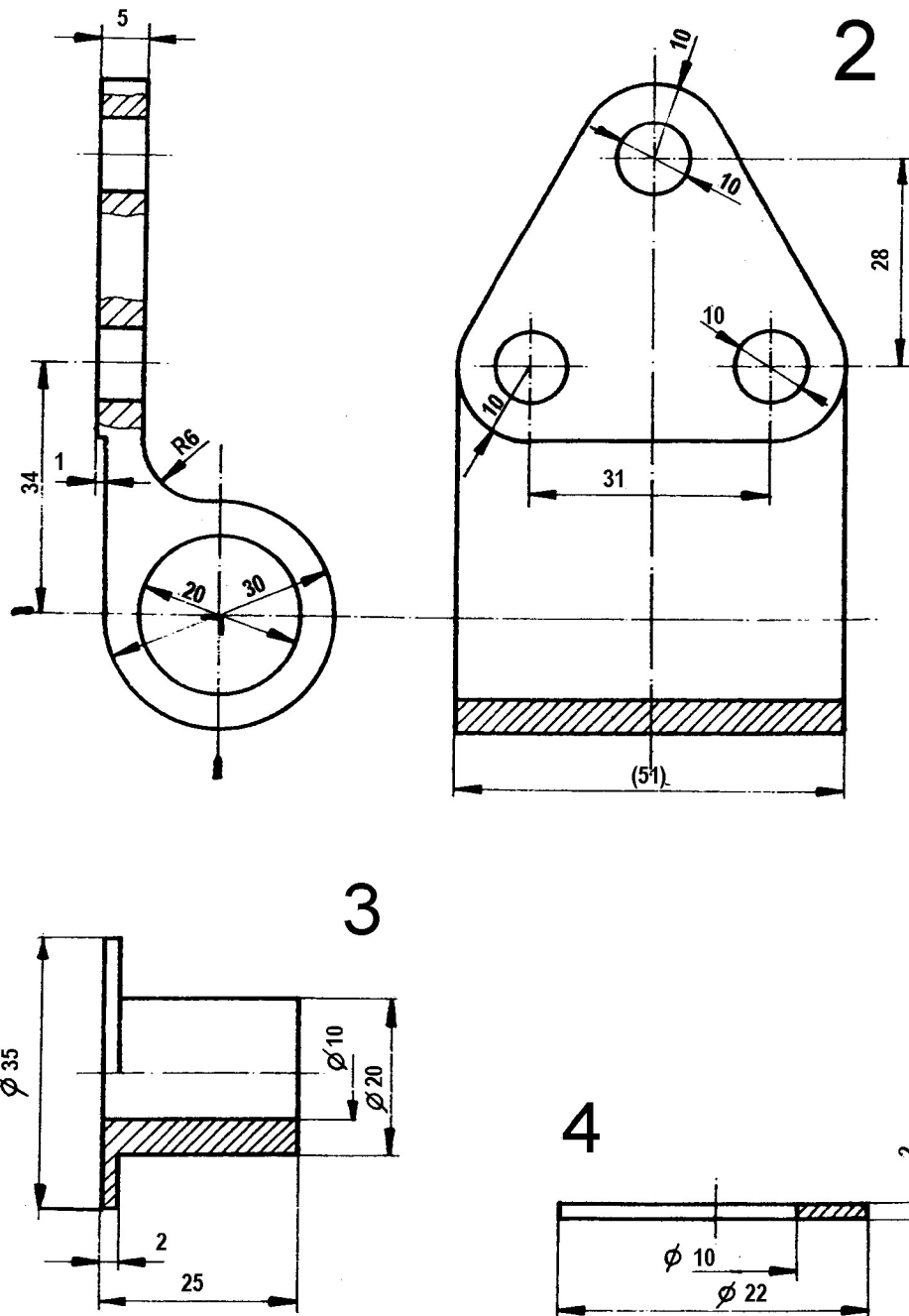
Figura 1.8.1





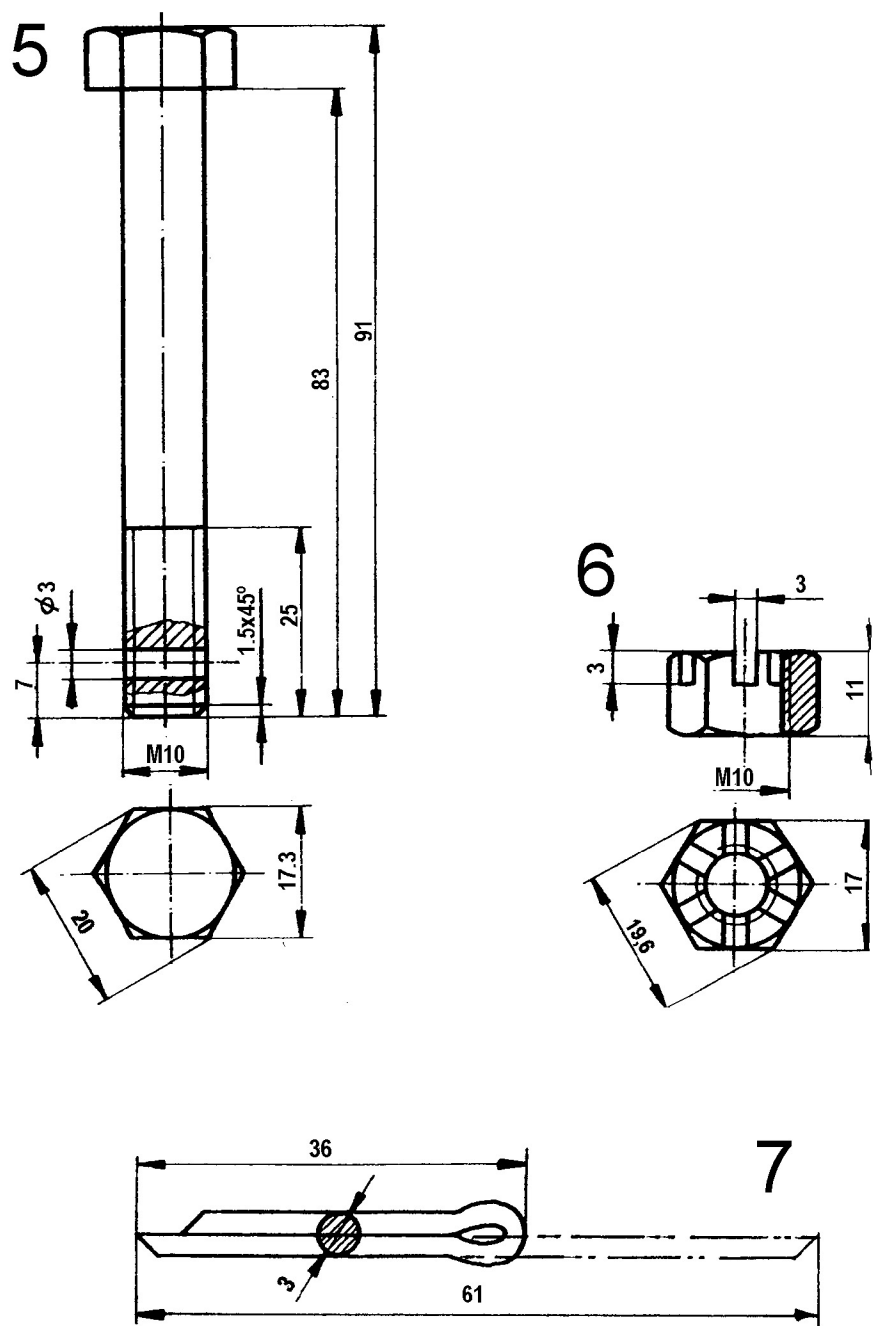
1	Pasador	7	
1	Tuerca almenada	6	
1	Tornillo	5	
1	Arandela	4	
2	Casquillo	3	
1	Soporte	2	
1	Base	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: SOPORTE GIRATORIO	Plano nº: c1.e08
			Hoja nº: 1 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	





Observaciones		Título: Despiece soporte giratorio BASE	Plano nº: c1.e08	
			Hoja nº: 2 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE SOPORTE GIRATORIO		Plano nº: c1.e08	
				Hoja nº: 3 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAUEN I	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE SOPORTE GIRATORIO	Plano nº: c1.e08	
			Hoja nº: 4 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE JÁEN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.9 Llave de paso para radiador

En la figura 1.9.1 se re presenta una llave de paso para radiador mediante un croquis acotado en perspectiva. El conjunto se ha representado explotado respecto a su posición de montaje.

La junta 3 (fibra) de $\varnothing 23 \times \varnothing 18 \times 0,75$ se monta en el casquillo 4 (bronce), el eje 2 (bronce) se enrosca en el casquillo y éstos a su vez se montan en el cuerpo de la llave de paso 1 (bronce). Finalmente el pomo regulador 5 (baquelita) se introduce en el eje quedándose fijo por medio del tornillo cilíndrico 6 con ranura M4 x 10 DIN 84 que se enrosca en taladro roscado existente en el eje. Las juntas 8 y 7 (elastómero) de $\varnothing 17 \times \varnothing 8 \times 2$ y $\varnothing 21 \times \varnothing 12 \times 2$ se introducen en los respectivos agujeros.

A la información dimensional reflejada en la acotación se deben añadir las siguientes especificaciones:

- "m" es una zona moleteada de $\varnothing 7$ tipo RAA 05 DIN 82,
- "n" son 6 nervios a 60° y de espesor 2 mm que unen el cilindro central con el exterior
- las dimensiones no acotadas se dejan a criterio del alumnado

Apartado A

Dibuje el conjunto a escala 2/1, en posición cerrada, por medio de las vistas y cortes necesarios para observar el montaje de cada una de las piezas que componen el conjunto.

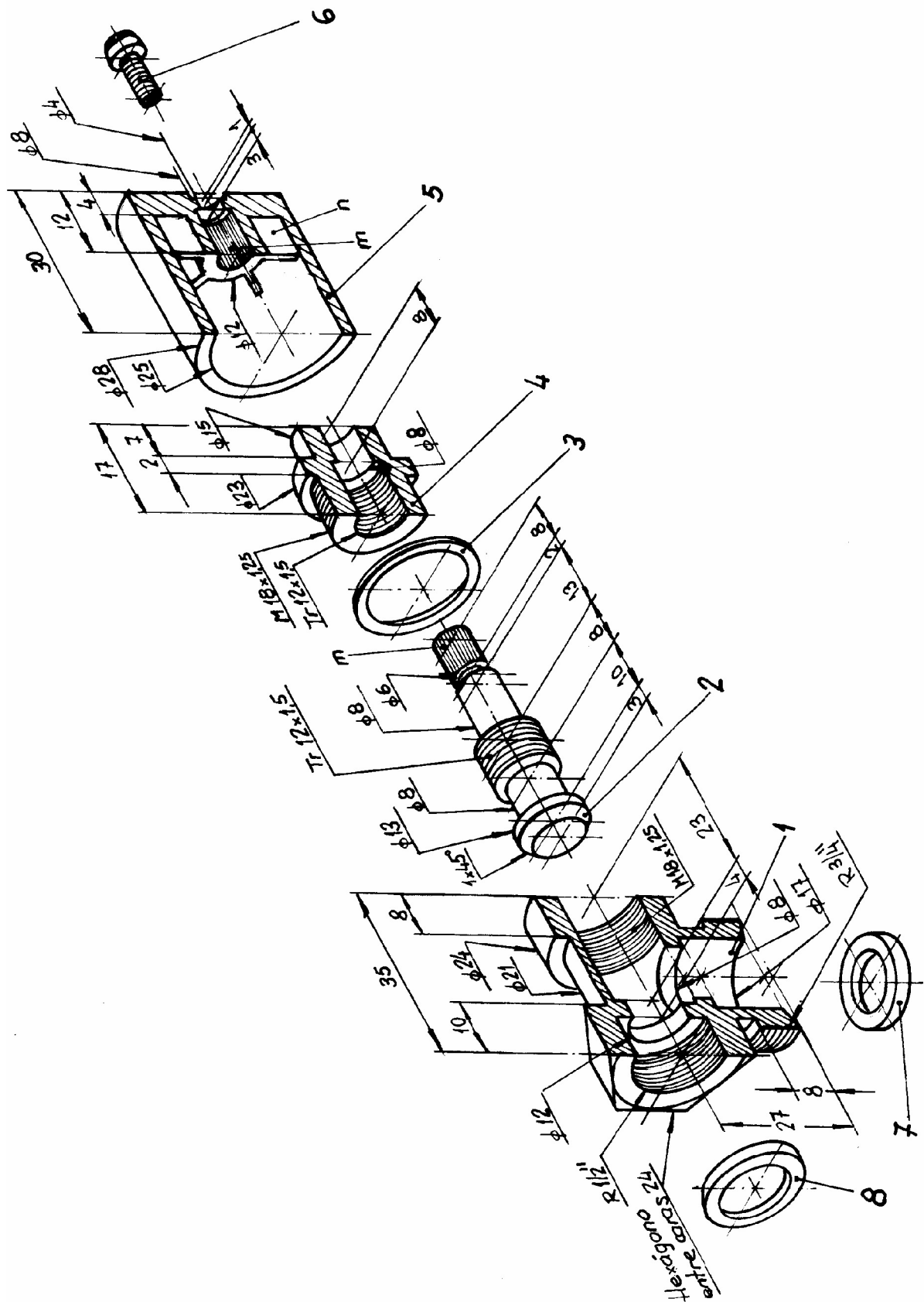
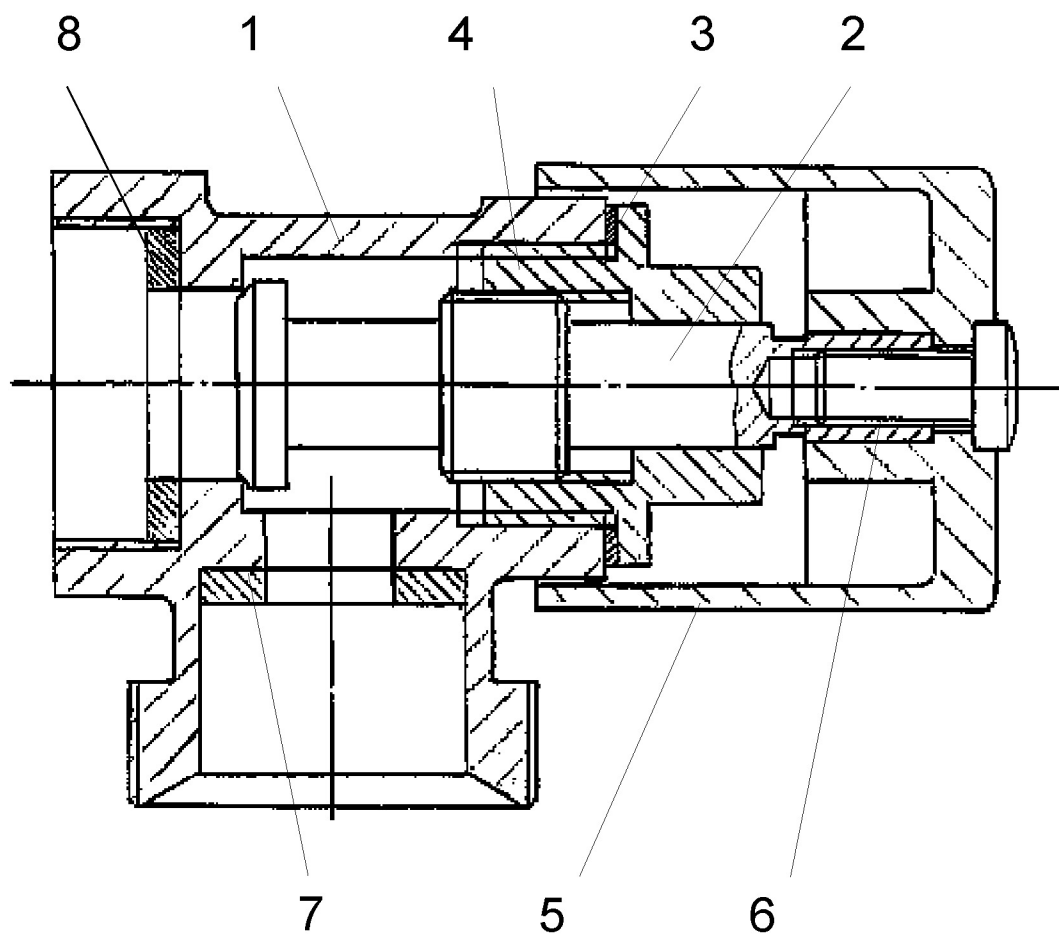


Figura 1.9.1



1	Junta	8	
1	Junta	7	Elastómero
1	Tornillo	6	
1	Regulador	5	Baquelita
1	Casquillo	4	Bronce
1	Junta	3	Fibra
1	Eje	2	Bronce
1	Cuerpo	1	Bronce
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: LLAVE DE PASO PARA RADIADOR	Plano nº: c1.e09
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:

Ejercicio 1.10 Estructura de acero atornillada

En la figura 1.10.1 se presenta una perspectiva explotada en axonometría ortogonal isométrica y a escala $E_x=E_y=E_z=1/20$ de un nudo de unión de una estructura de acero atornillada.

Los perfiles que intervienen en el nudo son respectivamente un IPE 600, dos IPE 300 y dos LD 100×70×10. Todos los tornillos que intervienen en la unión son M18×38 y van acompañados de las tuercas correspondientes.

Las dos vigas IPE 300 descansan sobre los dos elementos de apoyo LD 100×70×10, que a su vez, están atornillados al alma de la viga maestra (IPE 600). Las dos vigas IPE 300 están «despalmilladas» (se han eliminado los extremos de sus alas superiores) para poder situarlas enrasadas; de forma que la cartela de rigidización superior de 2 mm de espesor puede apoyar plana.

Apartado A

Defina el conjunto del nudo de unión con economía de vistas, cortes y acotación, en el sistema diédrico europeo y a escala 1/10.

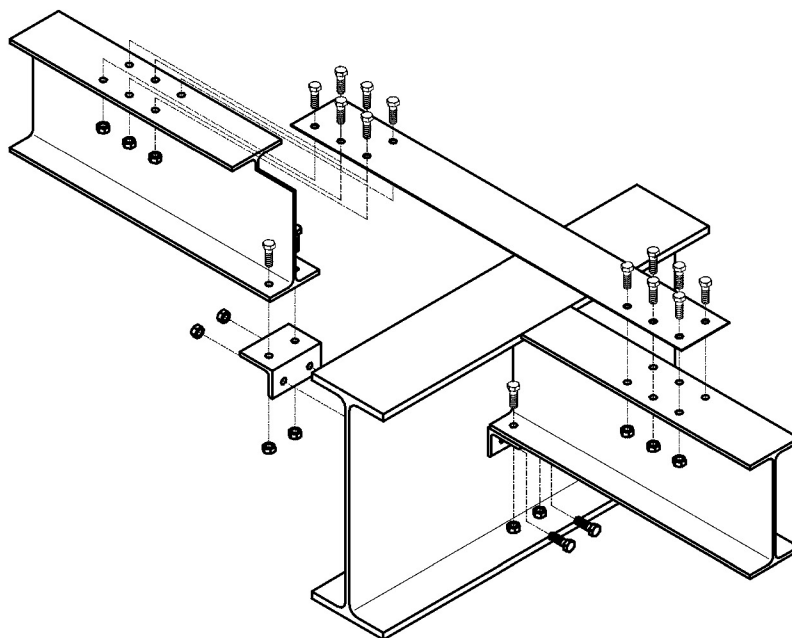
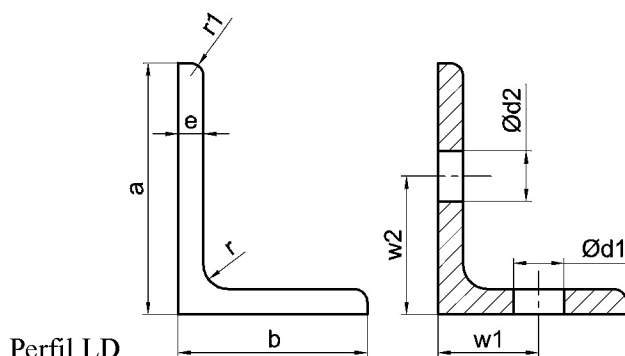
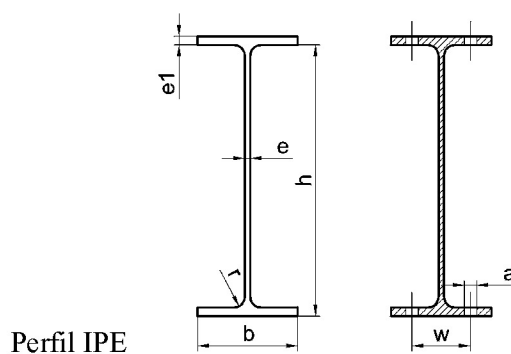


Figura 1.10.1



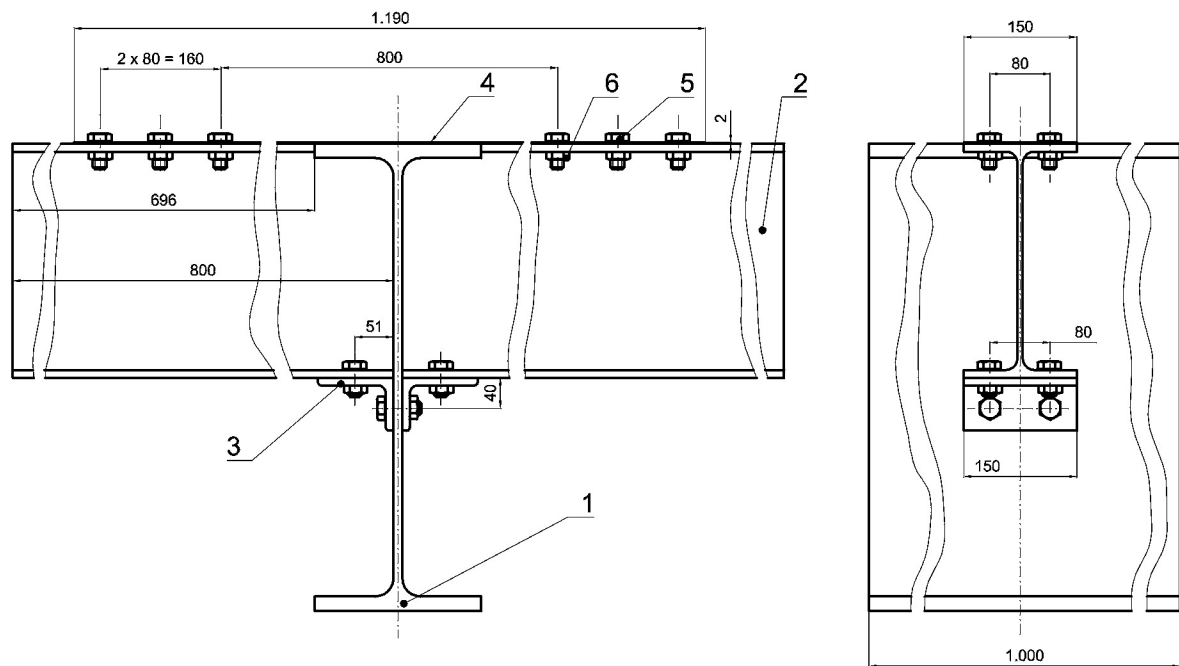
Perfil LD



a	b	e	r	r1	d1	d2	w1	w2
100	70	10	10	5	20	20	40	55



Perfil IPE

Perfil	h	b	e	e1	r	w	a
IPE300	300	150	7.1	10.7	15	80	23



18	Tuerca M18 DIN 934	6		
18	Tornillo M18x38 DIN 931	5		
1	Cartela superior	4	1190 x 150 x 2	
2	Viga de apoyo	3	LD 100x70x10 x 150	
2	Viga transversal	2	IPE 300 x 800	
1	Viga maestra	1	IPE 600 x 1000	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones	
Observaciones		Título: ESTRUCTURA DE ACERO ATORNILLADA	Plano nº: c1.e10	
			Hoja nº: 1 de 1	
Escala 1:10	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL VALLE	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.11 Cimentación de un edificio de viviendas

Se ha diseñado la estructura de un edificio de ocho plantas. La estructura tiene 70 pilares por planta, distribuidos de la forma que se muestra en el esquema de replanteo de la figura 1.11.1. Las cotas que indican la posición están expresadas en metros.

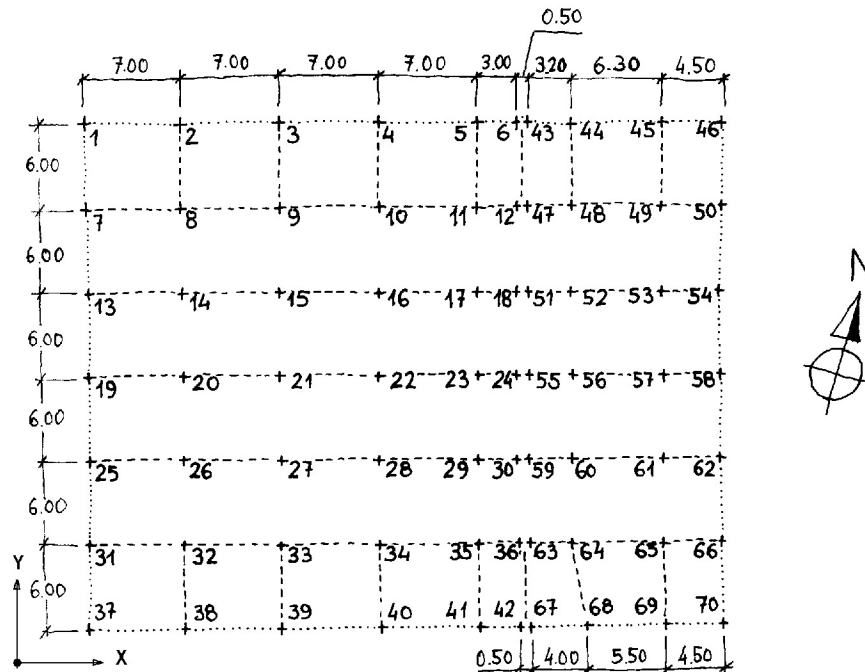


Figura 1.11.1

La estructura tiene dos partes adosadas, la que corresponde a los pilares 1 a 42 y la que corresponde a los pilares 43 a 70. Cada una de las cuales está dividida en siete pórticos, tales como 1-2-3-4-5-6 y 43-44-45-46.

Para la cimentación se ha decidido utilizar zapatas centradas y cerrar el contorno del solar por medio de un muro perimetral. Para atar la cimentación, las zapatas contiguas al muro se unirán a éste por medio de vigas centradoras, y el resto de zapatas de un mismo pórtico se unirán entre sí por medio de vigas de atado. En la figura 1.11.2 se muestra un esquema en perspectiva de la disposición adoptada.

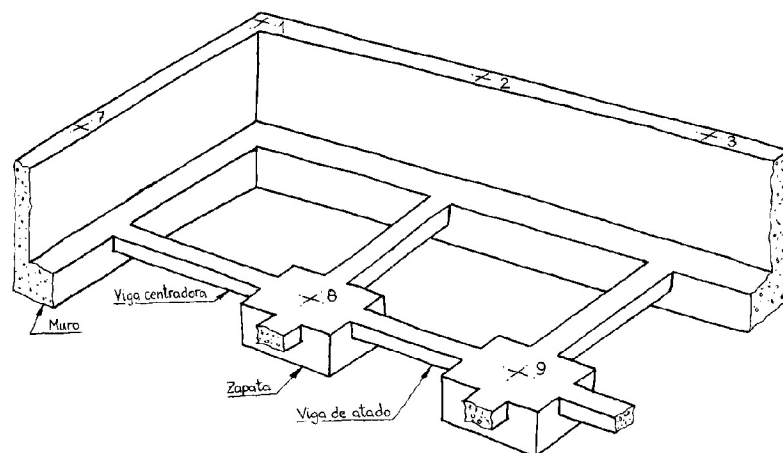


Figura 1.11.2

Se debe tener en cuenta que los pilares del contorno arrancarán desde el nivel del suelo (cota 0) y descansarán directamente sobre el muro, de forma que sus ejes quedan a 20 cm de la cara exterior del muro. El resto de pilares, que arrancan en el sótano (cota -2.5 m), descansan sobre las zapatas (que van enterradas). También se debe tener en cuenta que las parejas de pilares 12-47, 18-51, 24-55, 30-59 y 36-63 arrancan desde una misma zapata para cada pareja.

En la tabla 1.11.1, que complementa a la figura 1.11.1, se indican los datos particulares de cada una de las 35 zapatas, mientras que los datos generales se muestran en el detalle de la figura 1.11.3. De la misma forma, en el detalle de la figura 1.11.4 se muestra el armado del muro. En la tabla 1.11.2 se muestra el detalle de carga axial de los pilares que parten del muro.

ZAPATA (nº pilar)	DIMENSIONES (cm)			ARMADO		CARGA AXIAL (T)
	X	Y	H	X	Y	
8	220	220	70	13 Ø 12	13 Ø 12	87
9	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	84
10	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	86
11	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	64
12-47	200	200	60	12 Ø 12	12 Ø 12	41 – 33
48	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	63
49	240	240	70	15 Ø 12	15 Ø 12	102
14	220	220	70	13 Ø 12	13 Ø 12	87
15	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	84
16	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	86
17	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	64
18-51	200	200	60	12 Ø 12	12 Ø 12	41 – 33
52	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	63
53	240	240	70	15 Ø 12	15 Ø 12	94
20	220	220	70	13 Ø 12	13 Ø 12	87
21	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	84
22	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	86
23	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	64
24-55	200	200	60	12 Ø 12	12 Ø 12	41 – 33
56	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	63
57	240	240	70	15 Ø 12	15 Ø 12	94
26	220	220	70	13 Ø 12	13 Ø 12	87
27	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	84
28	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	86
29	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	64
30-59	200	200	60	12 Ø 12	12 Ø 12	40 – 33
60	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	63
61	240	240	70	15 Ø 12	15 Ø 12	94
32	220	220	70	13 Ø 12	13 Ø 12	87
33	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	84
34	220	220	60	13 Ø 12	13 Ø 12	86
35	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	66
36-63	200	200	60	12 Ø 12	12 Ø 12	42 – 37
64	190	190	60	12 Ø 12	12 Ø 12	63
65	240	240	70	15 Ø 12	15 Ø 12	92

Tabla 1.11.1

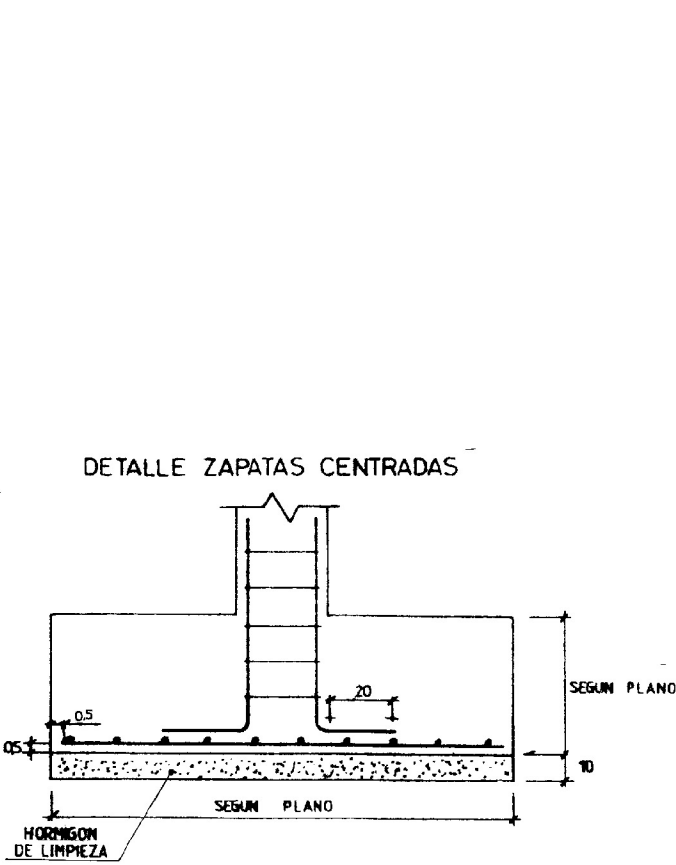


Figura 1.11.3

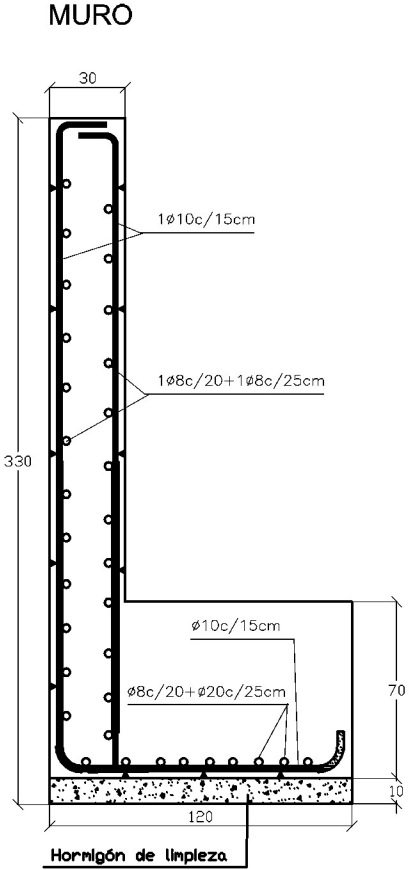


Figura 1.11.4

Pilar	1	2	3	4	5	6	43	44	45	46	50	54	58	62	66
CARGA AXIAL (T)	16	34	32	33	26	9	8	23	41	19	53	50	50	50	51
Pilar	70	69	68	67	42	41	40	39	38	37	31	25	19	13	7
CARGA AXIAL (T)	9	27	26	18	9	26	33	32	34	16	58	54	62	62	62

Tabla 1.11.2

Las zapatas de un mismo pórtico se han unido por medio de Vigas de Atado (VA), las cuales se han diseñado tal como se muestra en la figura 1.11.5.

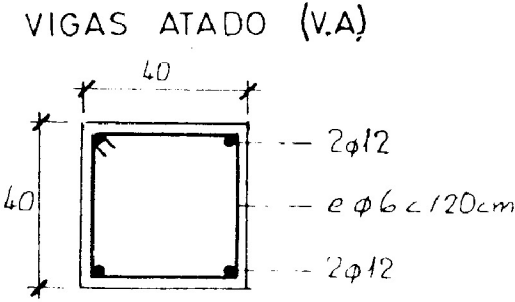


Figura 1.11.5

Las zapatas contiguas al muro se han unido a éste por medio de Vigas Centradoras; se han definido dos tipos de tales vigas (que se muestran en las figuras 1.11.6 y 1.11.7): las vigas tipo A, calculadas para unir las zapatas próximas a los muros norte y sur con dichos muros, y las de tipo B, calculadas para unir los muros este y oeste con las respectivas zapatas.

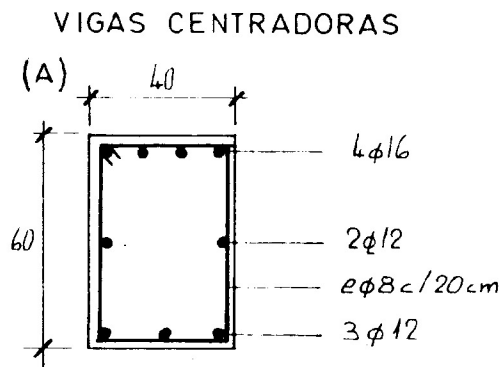


Figura 1.11.6

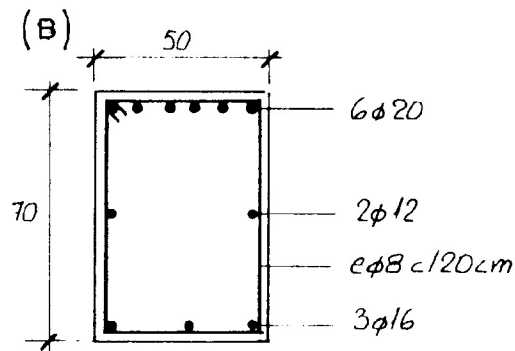


Figura 1.11.7

Apartado A

Dibuje el plano completo de cimentación. La posición de todos los ejes de pilares deberá estar indicada (manteniendo la misma numeración que en la tabla 1.11.1) y acotada.

El resto de datos de la tabla se deberán indicar en la propia planta de pilares de la forma mostrada en la figura 1.11.8.

El plano deberá contener los detalles de las zapatas, del muro, de las vigas de atado y de las vigas centradoras.

Apartado B

Determine el volumen total de hormigón que será necesario para ejecutar la cimentación completa. En primera aproximación, se debe considerar despreciable el volumen ocupado por las armaduras.

Apartado C

Suponiendo que el nivel original del suelo está enrasado con el borde superior del muro y que el nivel del sótano quede enrasado con la cara superior de las zapatas, determine el volumen total de tierra que tendrá que ser removida para construir la cimentación.

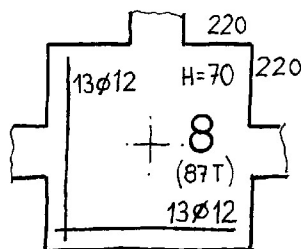
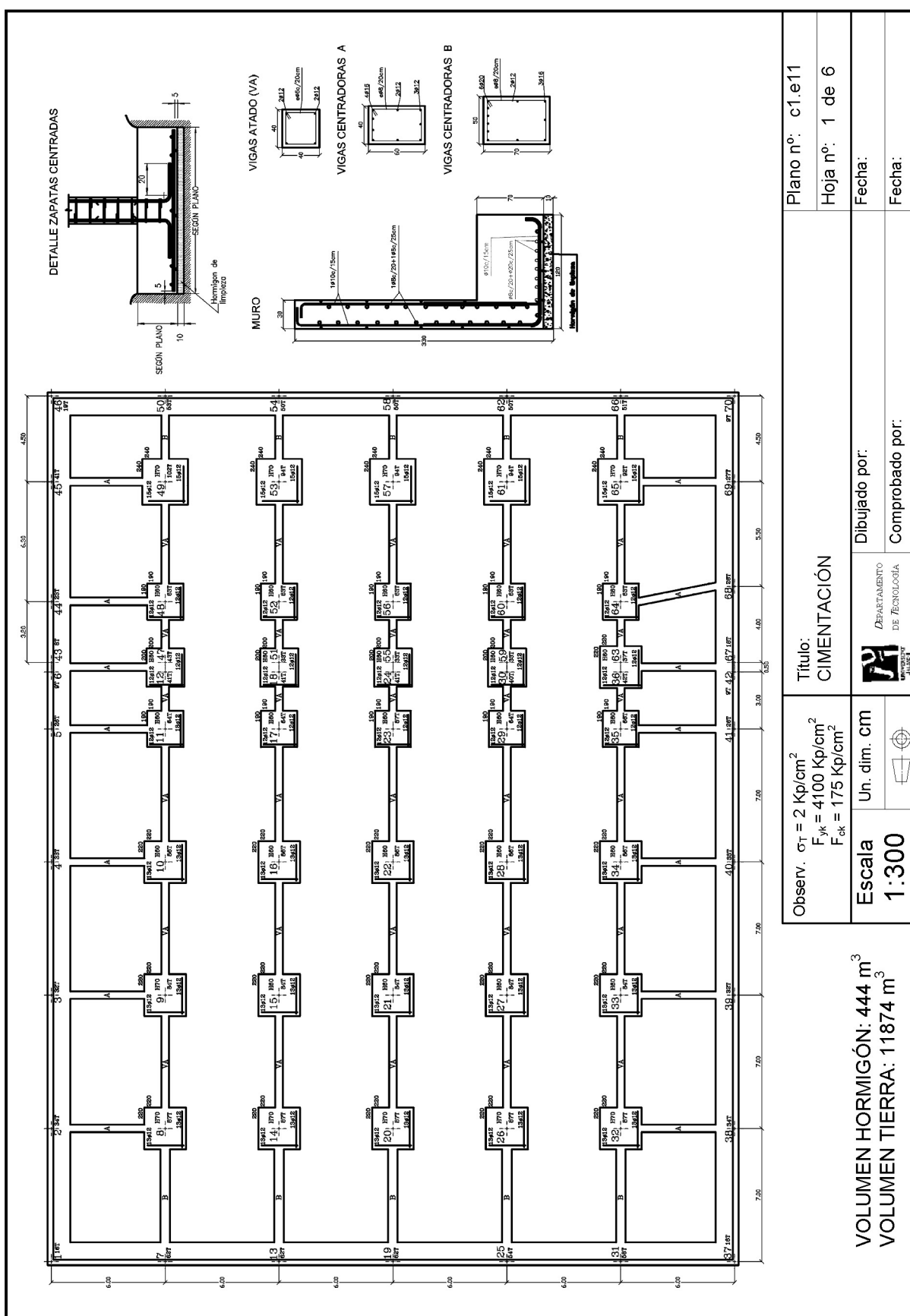
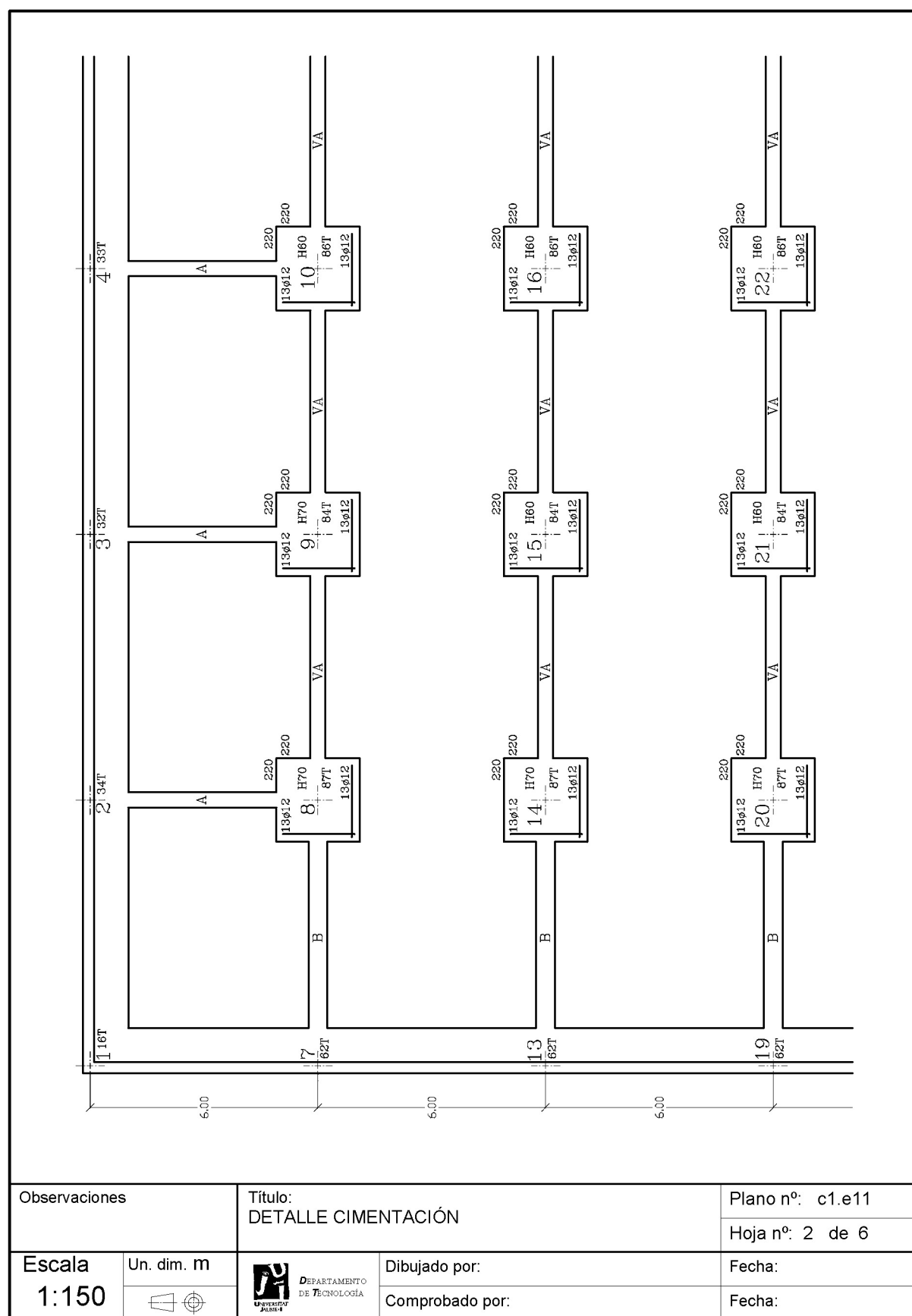
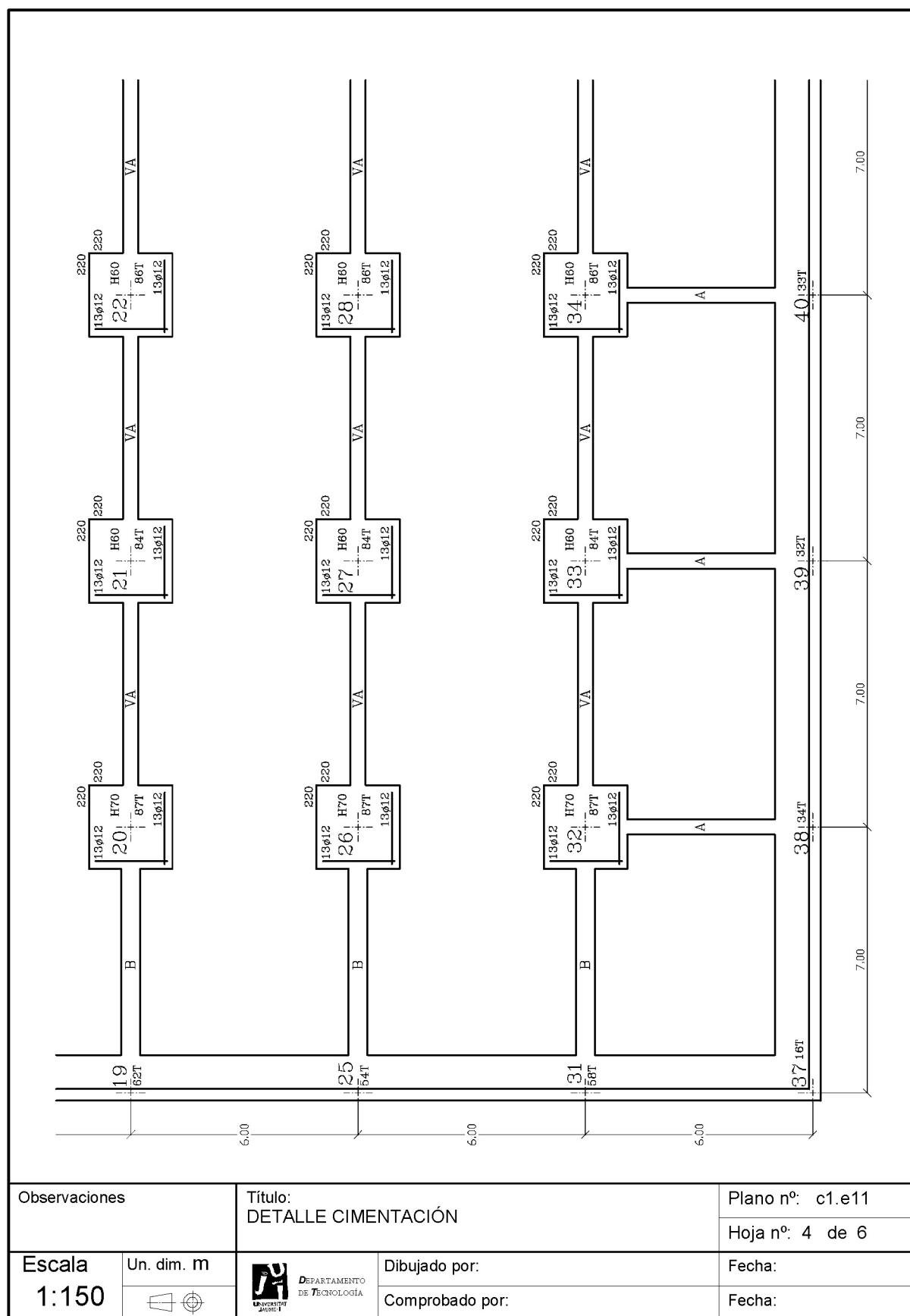


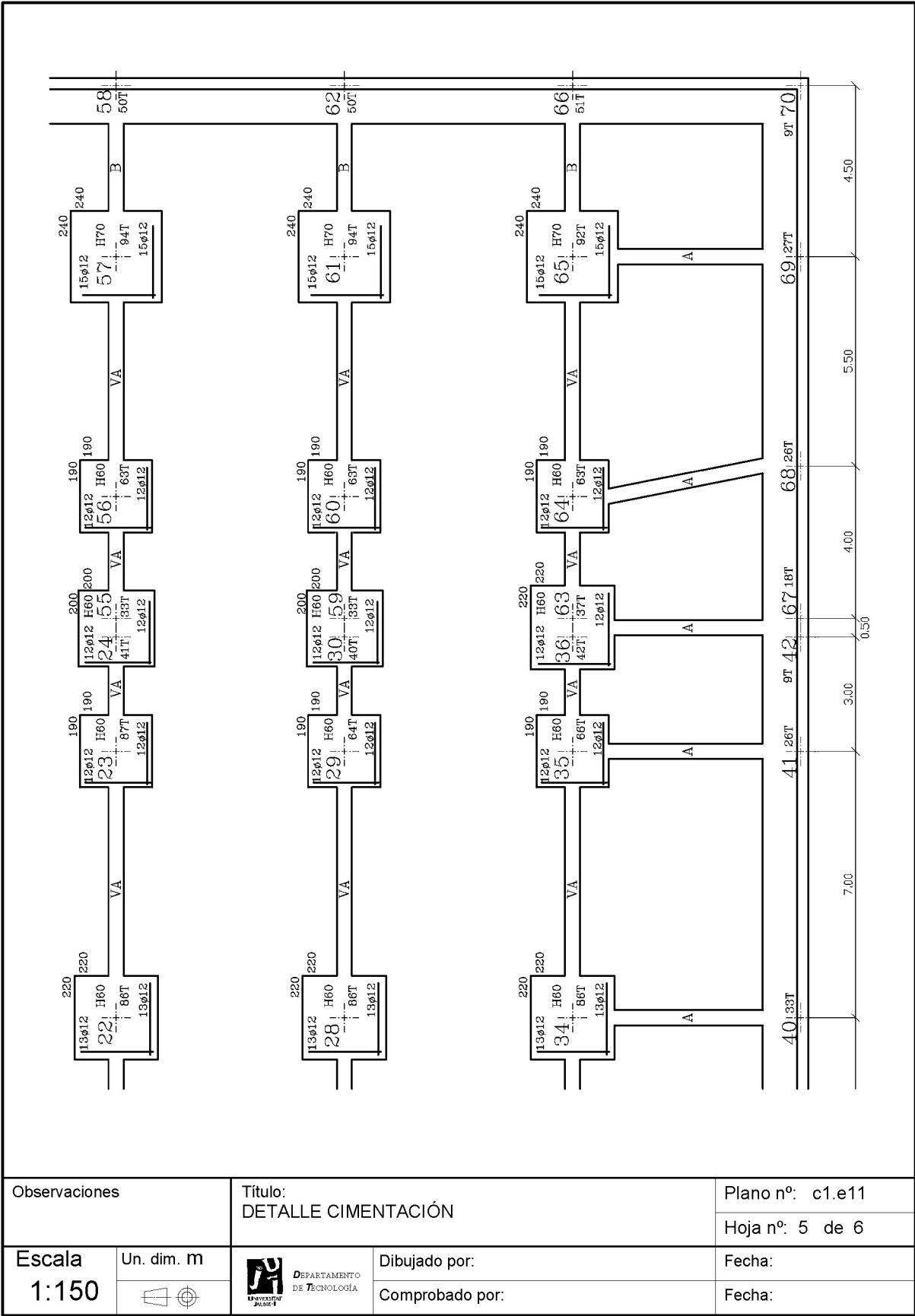
Figura 1.11.8



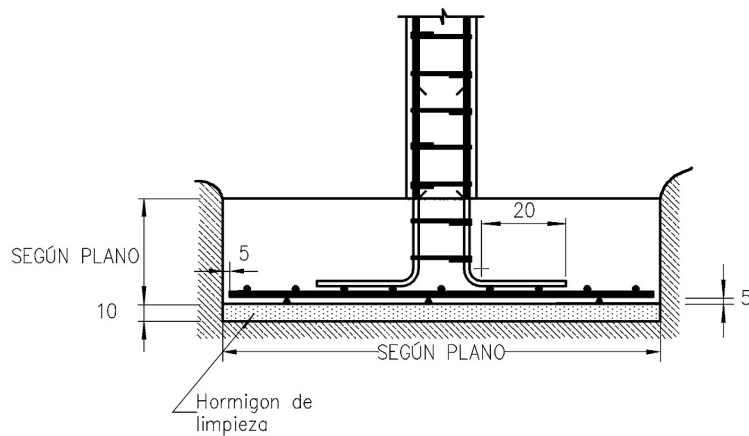




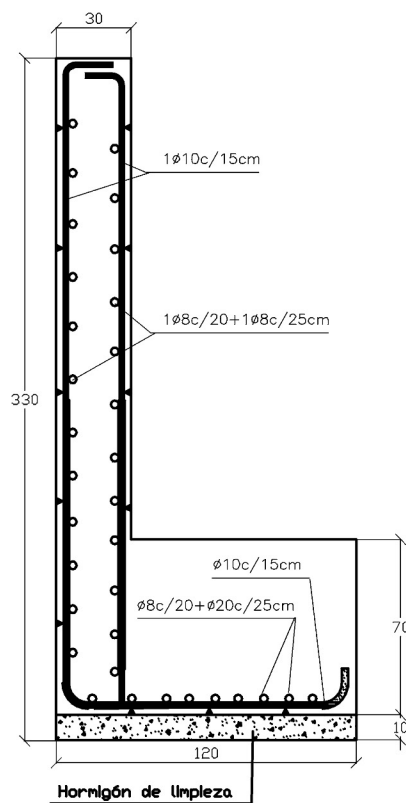




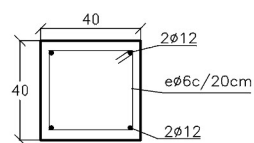
DETALLE ZAPATAS CENTRADAS



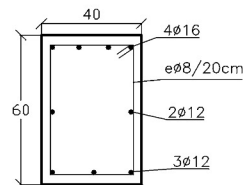
MURO



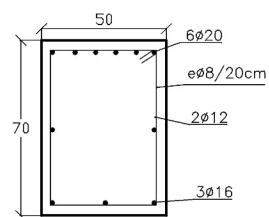
VIGAS ATADO (VA)



VIGAS CENTRADORAS A



VIGAS CENTRADORAS B



Observaciones		Título: DETALLE CIMENTACIÓN		Plano nº: c1.e11
				Hoja nº: 6 de 6
Escala 1:150	Un. dim. m 		Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.12 Pilar y zapata

En la figura 1.12.1 se da un esquema del pilar y la zapata tipos para una nave industrial a dos aguas y con puente grúa. Se representa también el arranque de la viga, que está unida al pilar por una articulación fija.

Los armados que se han calculado para el pilar son:

- La armadura longitudinal consta de:
 - Dos redondos de $\phi 25$ mm en las esquinas exteriores (opuestas a la ménsula).
 - Un redondo de $\phi 20$ mm centrado en la cara exterior.
 - Tres redondos de $\phi 16$ mm en la cara interior (dos en esquinas y uno centrado).
- La armadura transversal está formada por (sección AA):
 - Cercos de $\phi 6$ mm.
 - Estribos de $\phi 6$ mm.
 - Los ocho primeros planos de cercos y estribos (sólo en el extremo de cabeza) deben distanciarse 5 cm. El resto deben distanciarse 15 cm.
- Todos los recubrimientos son de 3 cm.
- En la zona de la ménsula el armado se modifica del siguiente modo:
 - A la armadura longitudinal se le superponen tres barras $\phi 8$ mm, con la forma indicada en la figura 1.12.1.
 - Las armaduras transversales se modifican alargando tanto los cercos como los estribos, para atar las nuevas armaduras longitudinales (sección BB).
 - Se añade un nuevo estribo de $\phi 6$ mm, en todos los planos de armadura transversales de la ménsula.
 - Los tres primeros planos de la ménsula (desde arriba), se separan 5 cm y utilizan cercos y estribos de $\phi 14$ mm.
 - El resto de planos de la ménsula (cuatro) se separan 10 cm y utilizan cercos y estribos de $\phi 10$ mm.

Todos los cercos y estribos del pilar tienen como radio de doblado el mínimo permitido.

La armadura del pilar se prolonga en la zapata, hasta 5 cm por encima de la armadura inferior con un anclaje en ángulo recto siguiendo la diagonal de la sección del pilar. El radio del anclaje es de 6 cm y la patilla es de 25 cm.

La armadura inferior consta de:

- Armadura paralela al lado mayor. Formada por 14 barras de $\phi 16$ mm repartidas uniformemente.
- Armadura paralela al lado menor. Formada por una zona central (de 1'75 m) con 15 barras de $\phi 12$ mm repartidas uniformemente.
- En el resto se sitúan barras de $\phi 12$ mm separadas 20 cm.
- El recubrimiento para la zapata es de 6 cm.
- La armadura paralela al lado menor tiene un anclaje en ángulo recto, de radio 3'5 veces el diámetro y patilla de 2 veces el diámetro.

El pilar se encuentra centrado sobre la zapata.

Apartado A

Represente los planos de armado del pilar y la zapata, a escala 1/35, y transcriba toda la información dada en el enunciado.

Apartado B

Determine el volumen y peso de cemento y armado, tanto para el pilar como para la zapata. Considere pesos específicos de 3 T/m^3 y $7'8 \text{ T/m}^3$ para cemento y acero respectivamente.

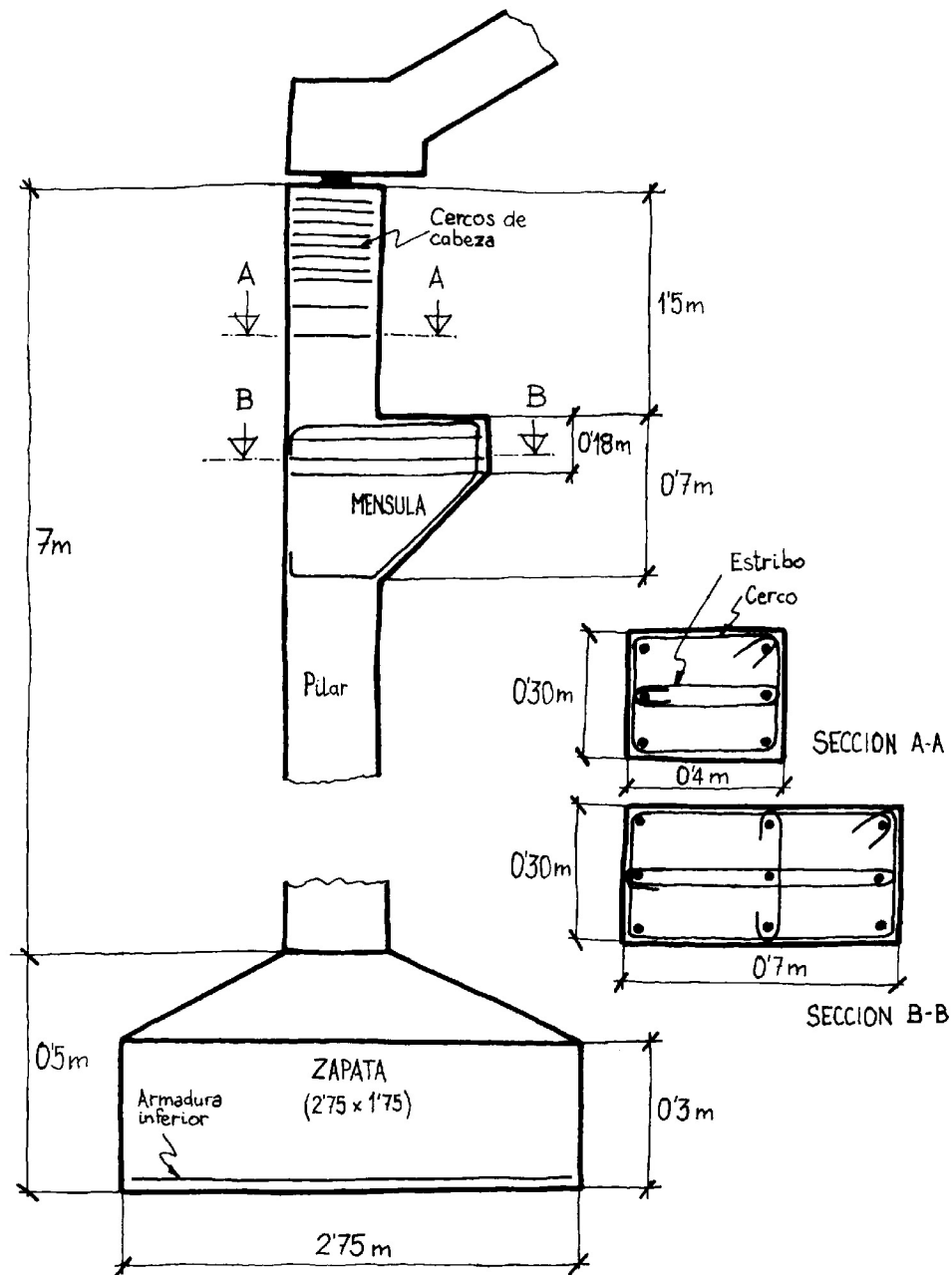
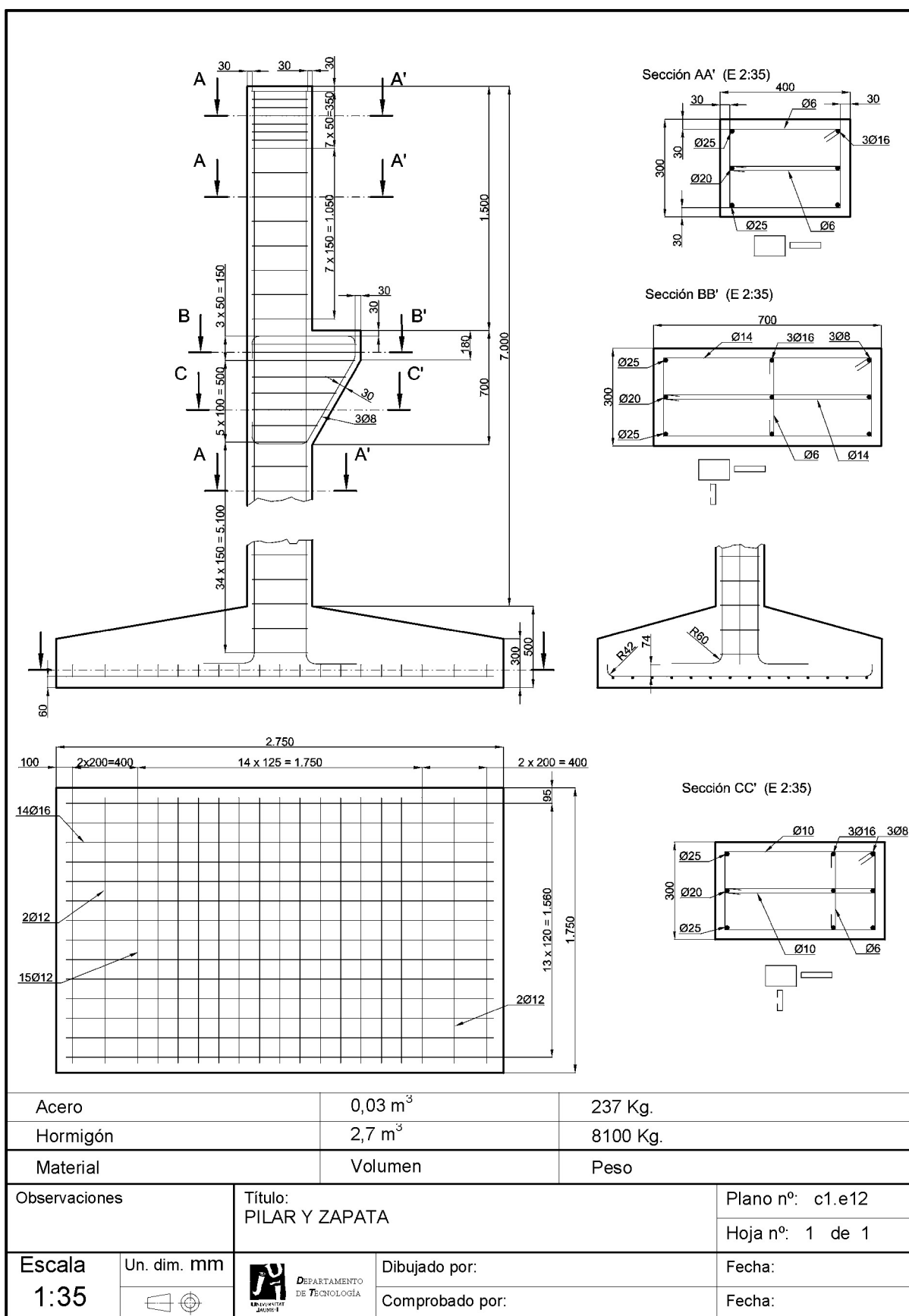


Figura 1.12.1



Ejercicio 1.13 Rueda autoalineable

El conjunto rueda autoalineable representado en la figura 1.13.1 se compone de las siguientes piezas (todas de PVC):

Marca	Nº de piezas	Denominación
1	1	Cuerpo
2	2	Rueda
3	1	Eje de rueda
4	1	Eje autoalineable

La figura 1.13.1 se compone de dos representaciones en sistema axonométrico ortogonal isométrico a escala $E_x = E_y = E_z = 3/4$ en perspectiva explotada y una vista en sistema diédrico a escala $3/4$. La representación principal es una perspectiva explotada en la que las piezas 1 y 2 están representadas con un corte al cuarto. El corte indicado se ha realizado para ver el eje giratorio y su alojamiento.

Todas las piezas del conjunto son de PVC, fabricadas por inyección en molde, y su montaje se realiza a presión.

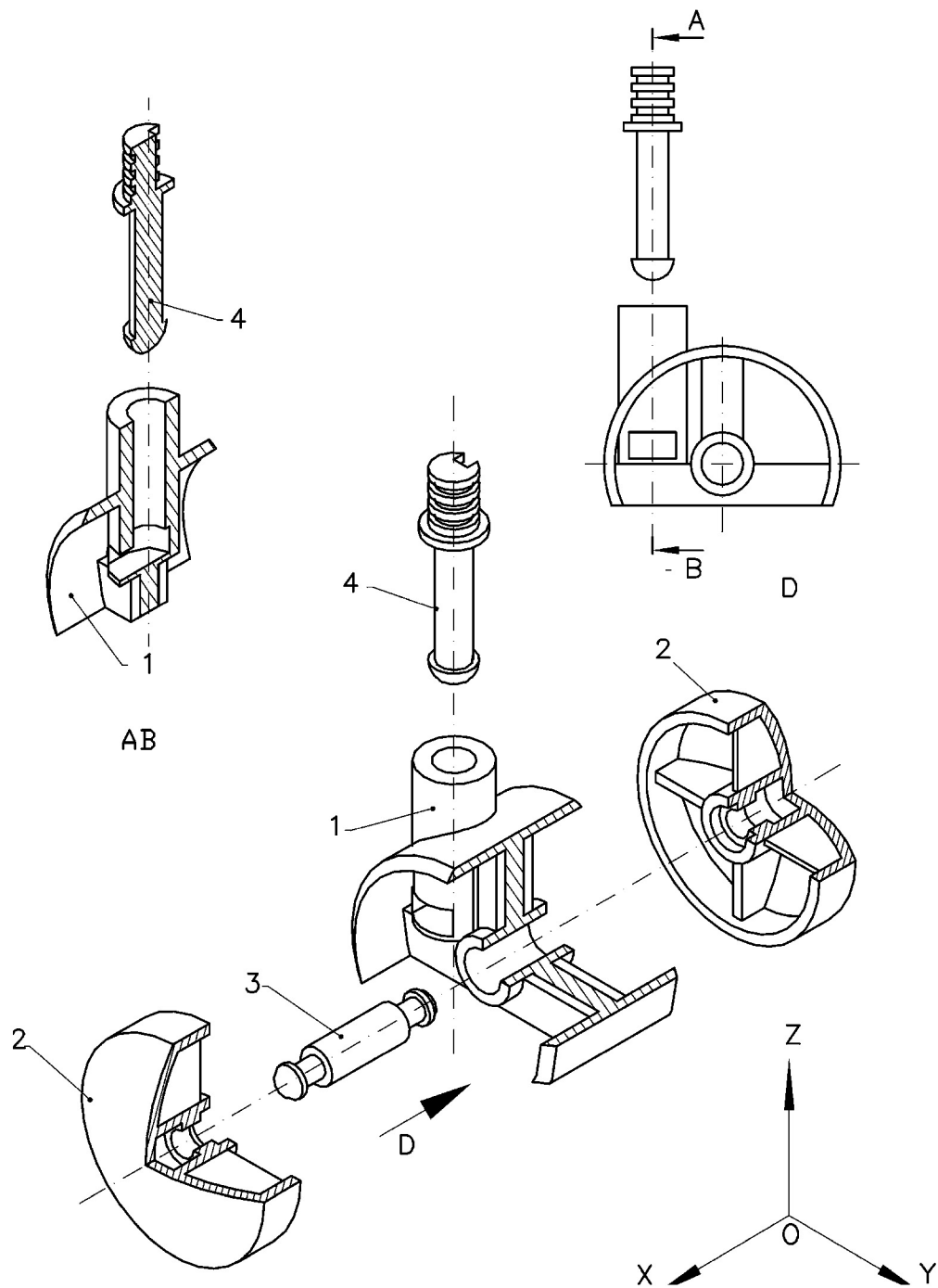
Las dos ruedas se insertan a presión en los extremos del eje de la rueda una vez alojado éste en el agujero del cuerpo. Del mismo modo el eje giratorio encaja a presión en su alojamiento del cuerpo. La forma final de este alojamiento viene determinada para facilitar su fabricación. La forma superior del eje giratorio obedece a la eliminación de la posibilidad de giro en su alojamiento (no representado en la figura).

Apartado A

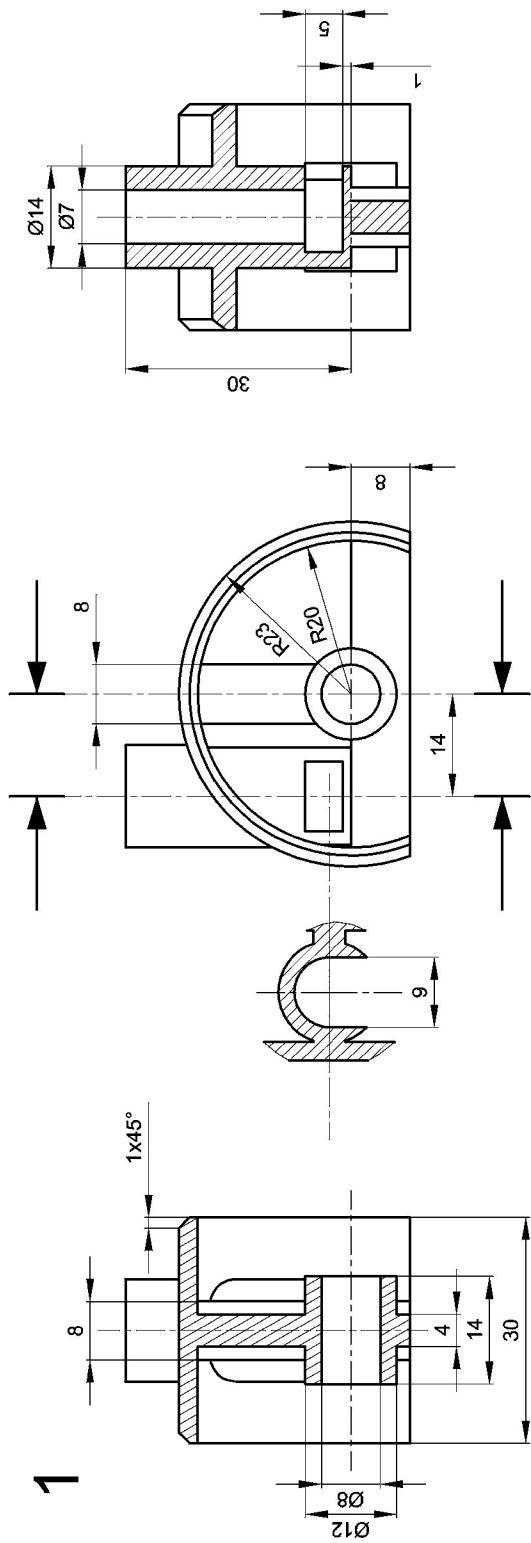
Realice el dibujo de conjunto, a escala $2/1$, incluyendo al menos las siguientes vistas: alzado cortado por un plano paralelo al XOZ que corta diametralmente a la rueda, perfil en corte para que se vea la pieza 1 (según se observa en D) y alzado posterior en corte para que se vea el alojamiento del eje giratorio. Incluya la lista de despiece.

Apartado B

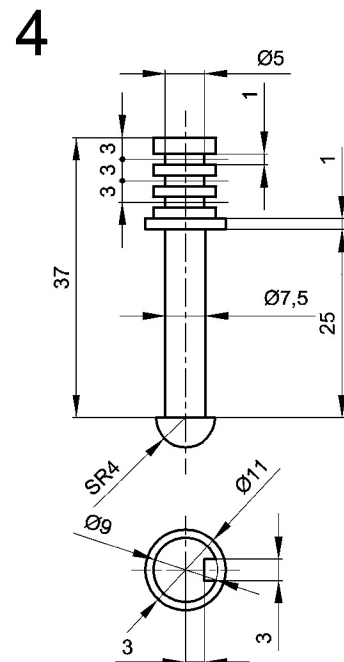
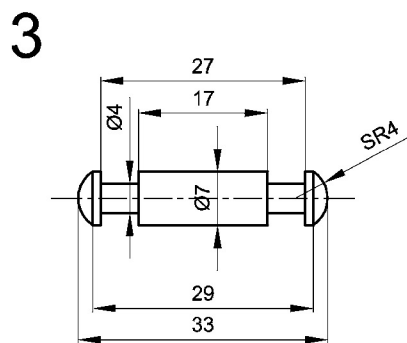
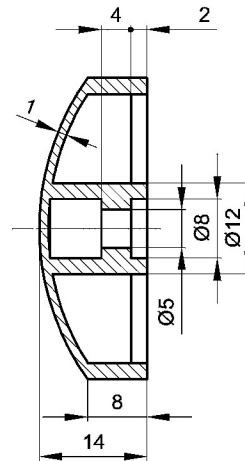
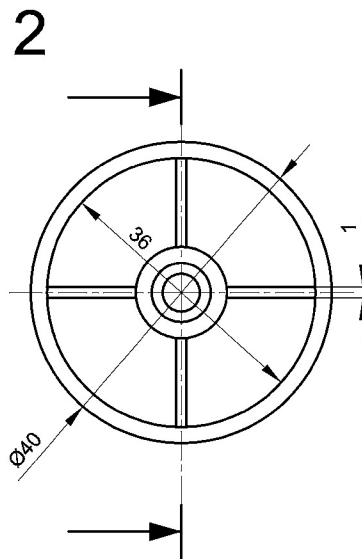
Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto a escala $1/1$.



*Figura 1.13.1*

1	Eje autoalineable	4	PVC
1	Eje de rueda	3	PVC
1	Rueda	2	PVC
1	Cuerpo	1	PVC
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: RUEDA AUTOALINEABLE	
Escala 1:1		Plano nº: c1.e13 Hoja nº: 1 de 3	
Un. dim. mm		Dibujado por: Comprobado por:	
1:1		DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	
		FECHA	



Observaciones		Título: Despiece rueda autoalineable RUEDA		Plano nº: c1.e13
		Un. dim. mm		Hoja nº: 2 de 3
Escala 1:1		Dibujado por:		Fecha:
		Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE RUEDA AUTOALINEABLE		Plano nº: c1.e13	
				Hoja nº: 3 de 3	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	

Ejercicio 1.14 Manivela de persiana

En la figura 1.14.1 se representa una perspectiva explotada de los elementos que constituyen una manivela de persiana. La denominación y material de las piezas que constituyen el conjunto es:

Marca	Denominación	Material
1	Pasador	acero F-1140
2	Cuerpo principal	aluminio L-2520
3	Mango	plástico negro
4	Muelle	acero F-1140
5	Vástago	acero F-1140

Además se presentan las piezas 2 y 3 cortadas a través de su plano de simetría. Todas las piezas se han representado en una perspectiva axonométrica isométrica ($E_x = E_y = E_z = 3/4$).

Para completar la definición se debe considerar que el resorte cilíndrico de compresión de marca 4, tiene una longitud libre de 40 mm, un diámetro del alambre de 1 mm, y nueve espiras.

Apartado A

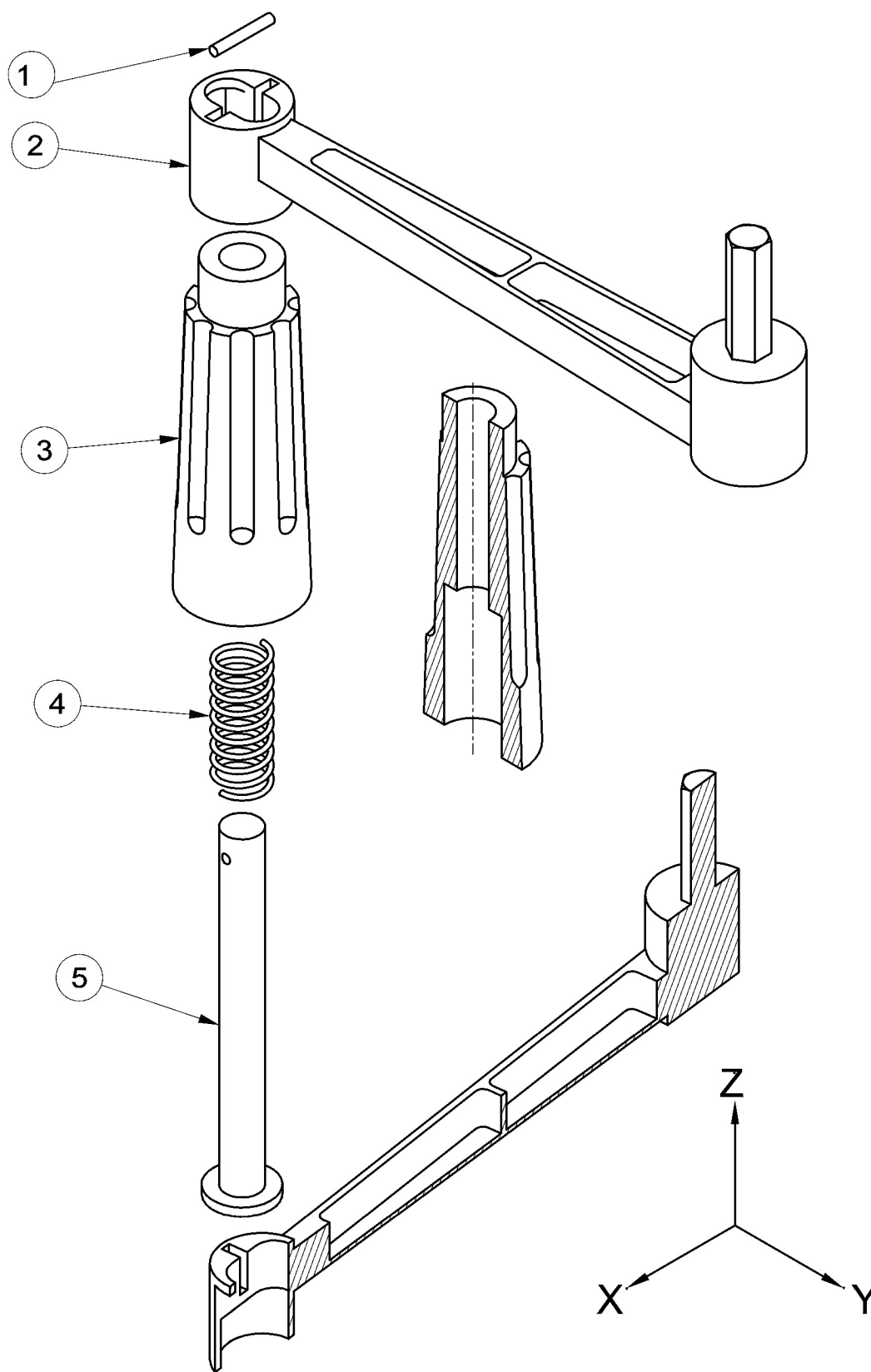
Realice el dibujo de conjunto de la manivela, a escala 3/4, mediante un alzado seccionado por el plano de simetría y una vista en planta.

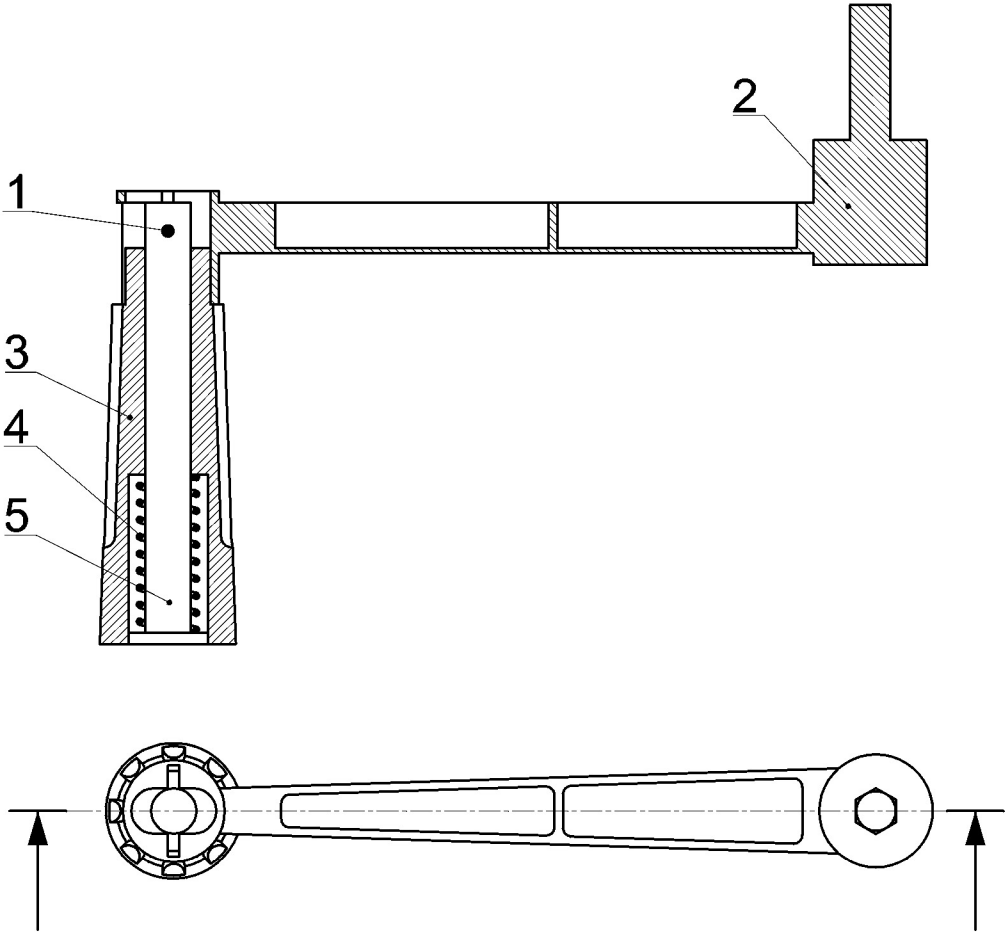
Apartado B



Represente el mismo corte con la manivela en la posición en la cual el mango ha sido extraído de su asiento en el cuerpo principal y forma un ángulo de 45° con su posición normal de funcionamiento.

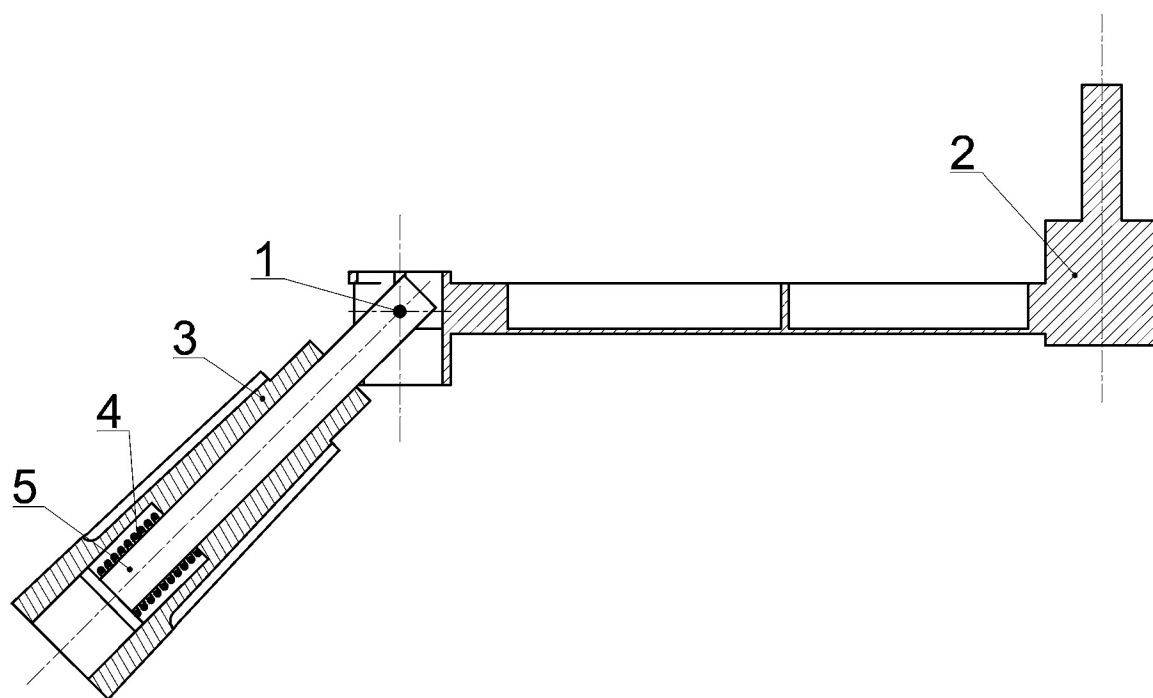
Apartado C



Defina las piezas 2, 3 y 5 mediante vistas, cortes y acotación completa.

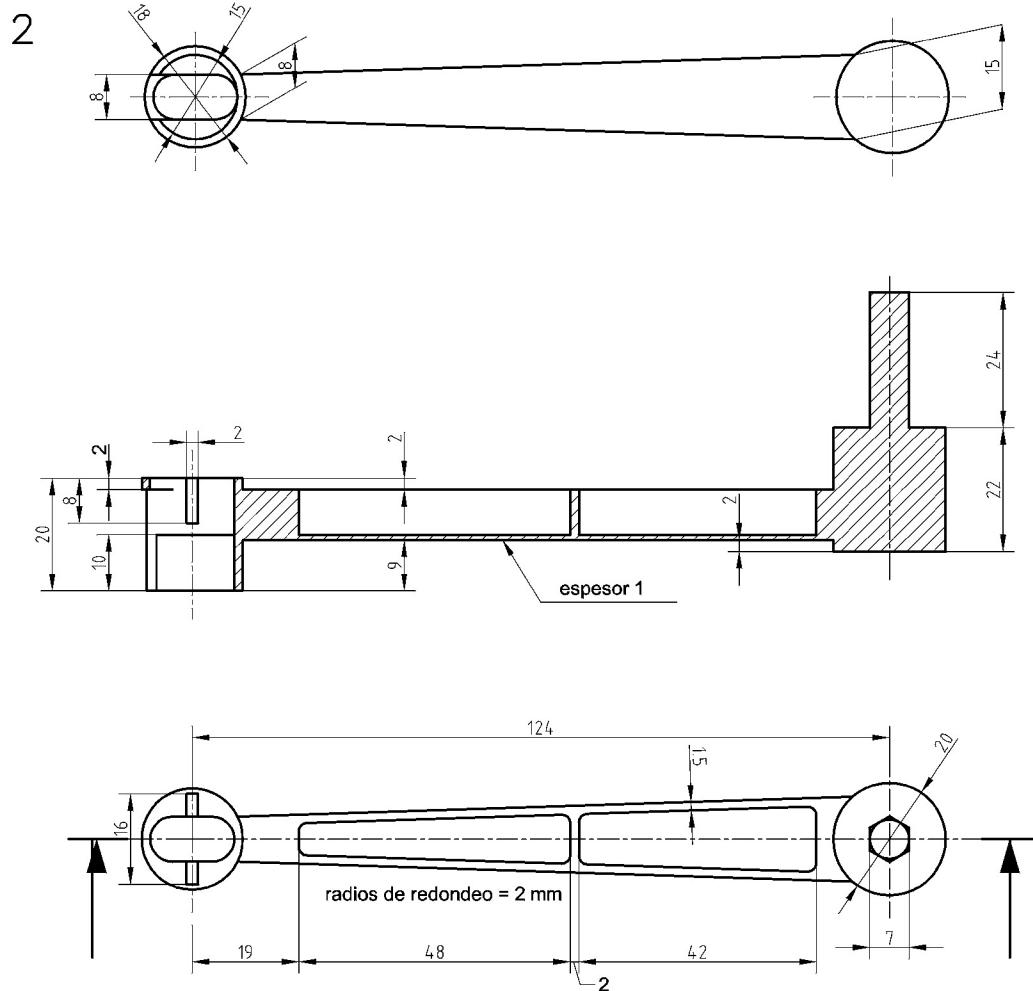
*Figura 1.14.1*





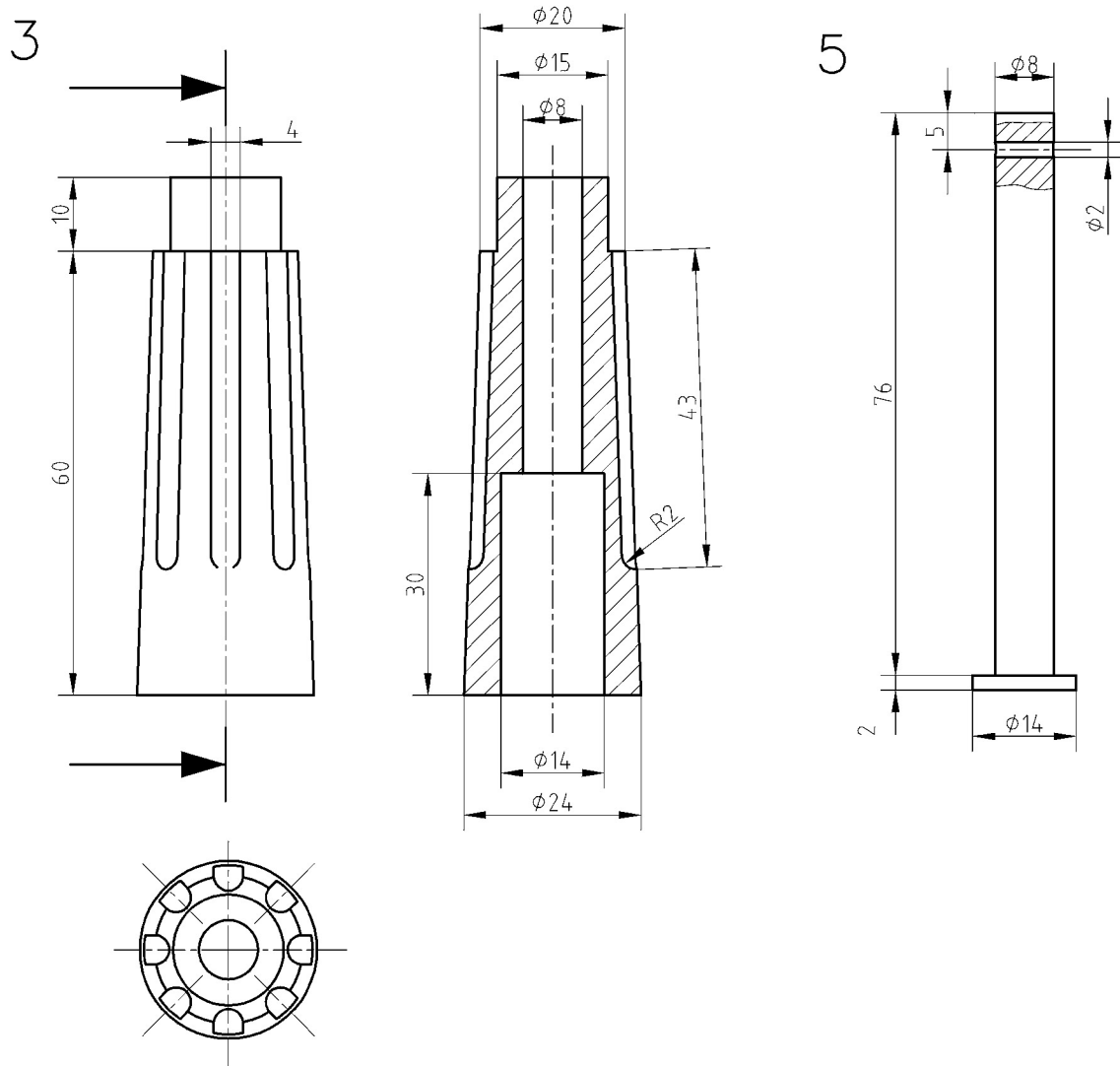
1	Vástago	5	Acero F-1140
1	Muelle	4	Acero F-1140
1	Mango	3	Plástico negro
1	Cuerpo principal	2	Aluminio L-2520
1	Pasador	1	Acero F-1140
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: MANIVELA DE PERSIANA	Plano nº: c1.e14
			Hoja nº: 1 de 4
Escala 3:4	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	





1	Vástago	5	Acero F-1140
1	Muelle	4	Acero F-1140
1	Mango	3	Plástico negro
1	Cuerpo principal	2	Aluminio L-2520
1	Pasador	1	Acero F-1140
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: MANIVELA DE PERSIANA	Plano nº: c1.e14
			Hoja nº: 2 de 4
Escala 3:4	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:



Observaciones		Título: Despiece manivela de persiana CUERPO PRINCIPAL		Plano nº: c1.e14
				Hoja nº: 3 de 4
Escala 3:4	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE MANIVELA DE PERSIANA		Plano nº: c1.e14	
				Hoja nº: 4 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

Ejercicio 1.15 Toma de corriente trifásica de pared

La figura 1.15.1 muestra el dibujo de conjunto de una toma de corriente trifásica de pared. La escala del dibujo se deduce de la distancia estandarizada entre bornes.

La denominación, cantidad y material de las piezas que componen la toma de corriente se muestra en la siguiente tabla.

Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Carcasa	1	PVC
1	Portabornes	2	PVC
1	Tapa	3	PVC
3	Borne	4	Cobre
1	Borne	5	Cobre
4	Tornillo apriete cable	6	Acero
1	Tornillo fijación	7	Acero
1	Pasador	8	Acero
1	Arandela de presión	9	Acero

Apartado A

Realice una perspectiva explotada a mano alzada de todas las piezas que componen el conjunto. Incluya la lista de piezas.

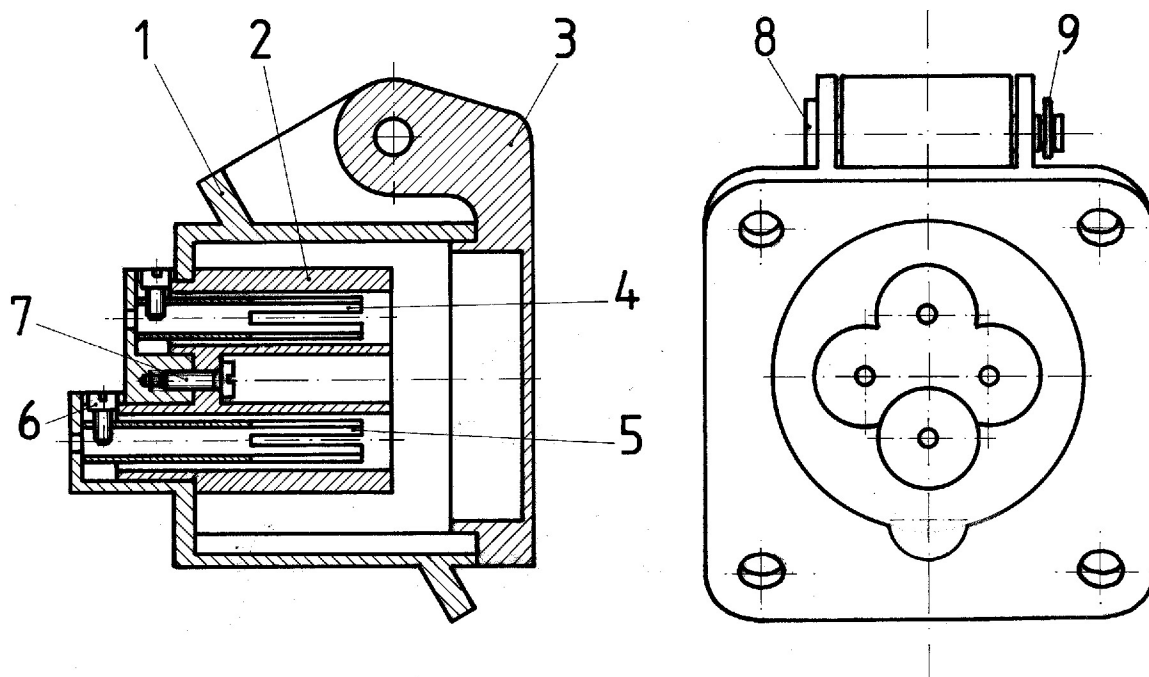
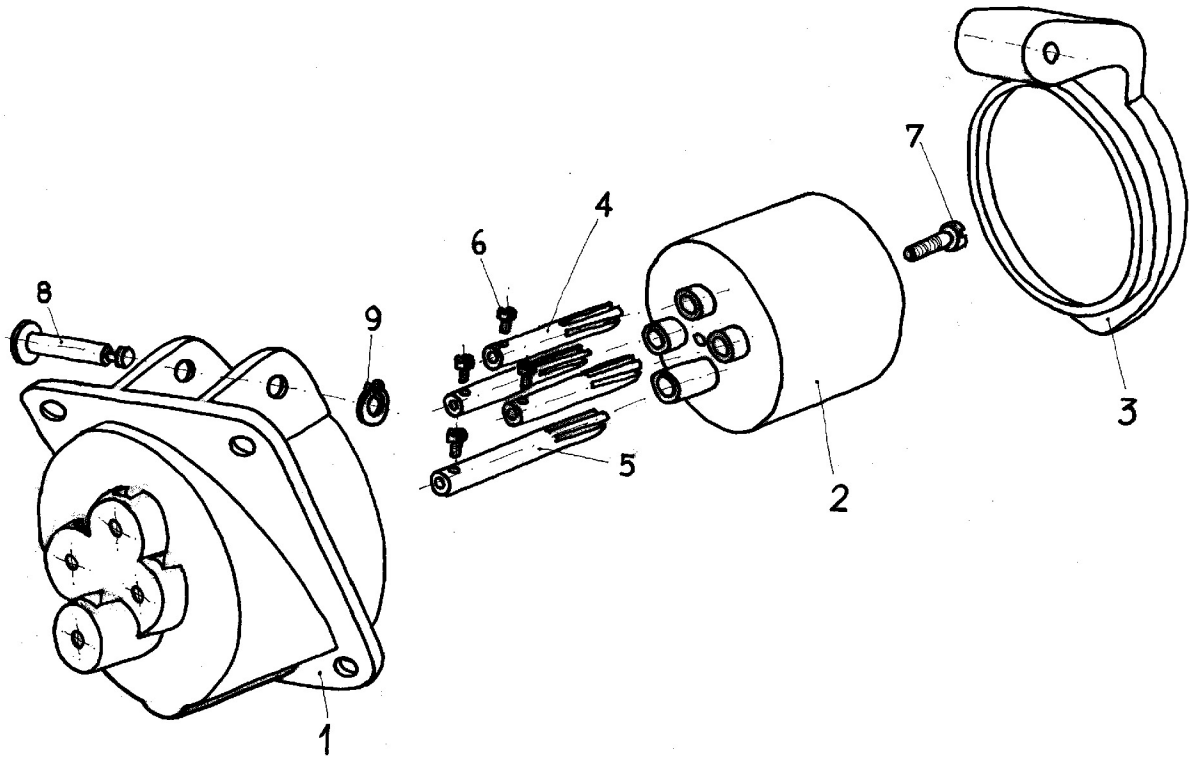



Figura 1.15.1



1	Arandela de presión	9	Acero
1	Pasador	8	Acero
1	Tornillo fijación	7	Acero
4	Tornillo apriete cable	6	Acero
1	Borne	5	Cobre
3	Borne	4	Cobre
1	Tapa	3	PVC
1	Portabornes	2	PVC
1	Carcasa	1	PVC
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA DE PARED	Plano nº: c1.e15
			Hoja nº: 1 de 1
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD ALMERÍA	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	

Ejercicio 1.16 Interruptor eléctrico

La figura 1.16.2 muestra una perspectiva explotada de las piezas que componen un interruptor eléctrico (axonometría dimétrica $E_x = E_y = 0.6$; $E_z = 0.3$). No se han representado las aristas ocultas por lo que se debe suponer la simetría de algunas piezas para definirlo completamente. En la figura 1.16.1 se representa un corte de la pieza 11 por su plano de simetría paralelo al XOZ a escala 1/1. En cuanto a la forma y dimensiones que no puedan obtenerse de la perspectiva, deben ser definidas de manera que permitan el correcto funcionamiento del conjunto. La pieza 10bis no ha sido representada por ser una pieza simétrica a la 10.

Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Tapa	1	Baquelita
1	Guía del pivote	2	Baquelita
2	Tornillo de fijación	3	Acero
1	Pivote apertura-cierre	4	Baquelita
1	Casquillo sujeción muelle	5	Latón
1	Muelle	6	Acero
1	Placa de contacto	7	Latón
2	Dado para contacto	8	Latón
2	Tornillo para contacto	9	Acero
1	Borne derecho	10	Latón
1	Borne izquierdo	10bis	Latón
1	Cuerpo	11	Baquelita

Apartado A

Represente el dibujo de conjunto del interruptor, a escala 3/4, compuesto por: un alzado en corte total por el plano de simetría de la pieza 11, paralelo al XOZ, y otro corte paralelo también al XOZ en el que se aprecie la unión entre las piezas 8, 9 y 10, y una planta en la que se representen únicamente las piezas 7 a 11, ambas incluidas.

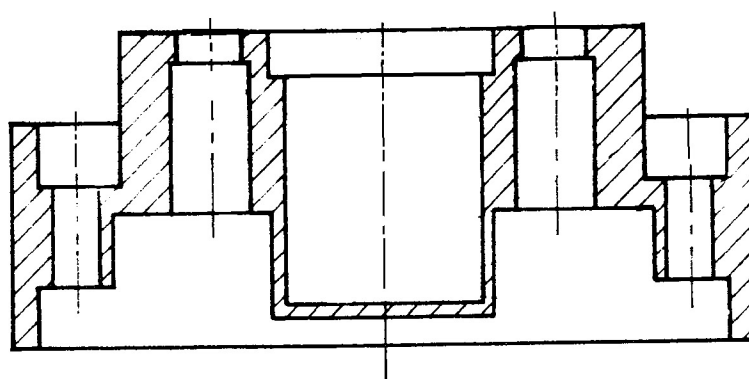
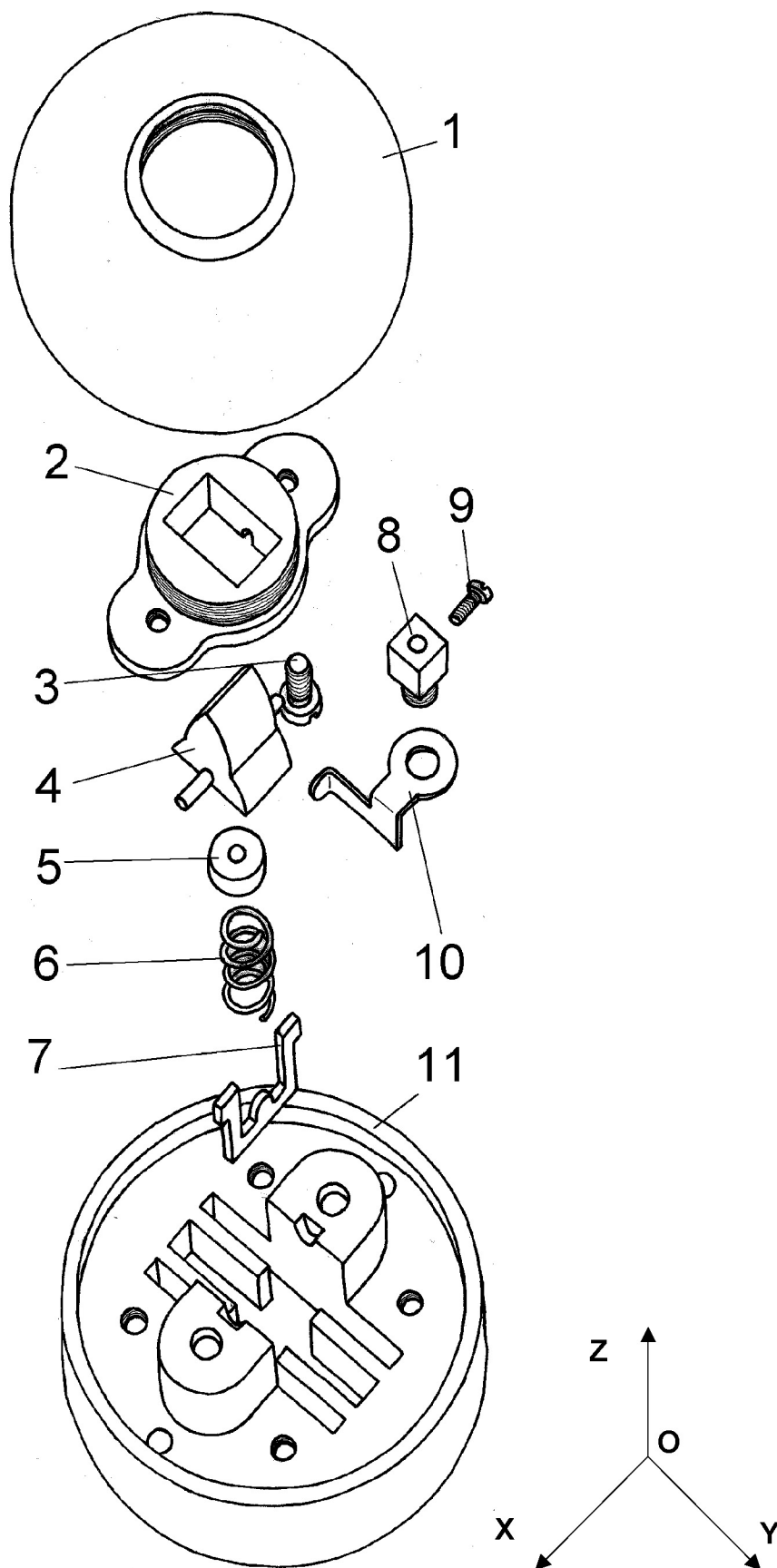
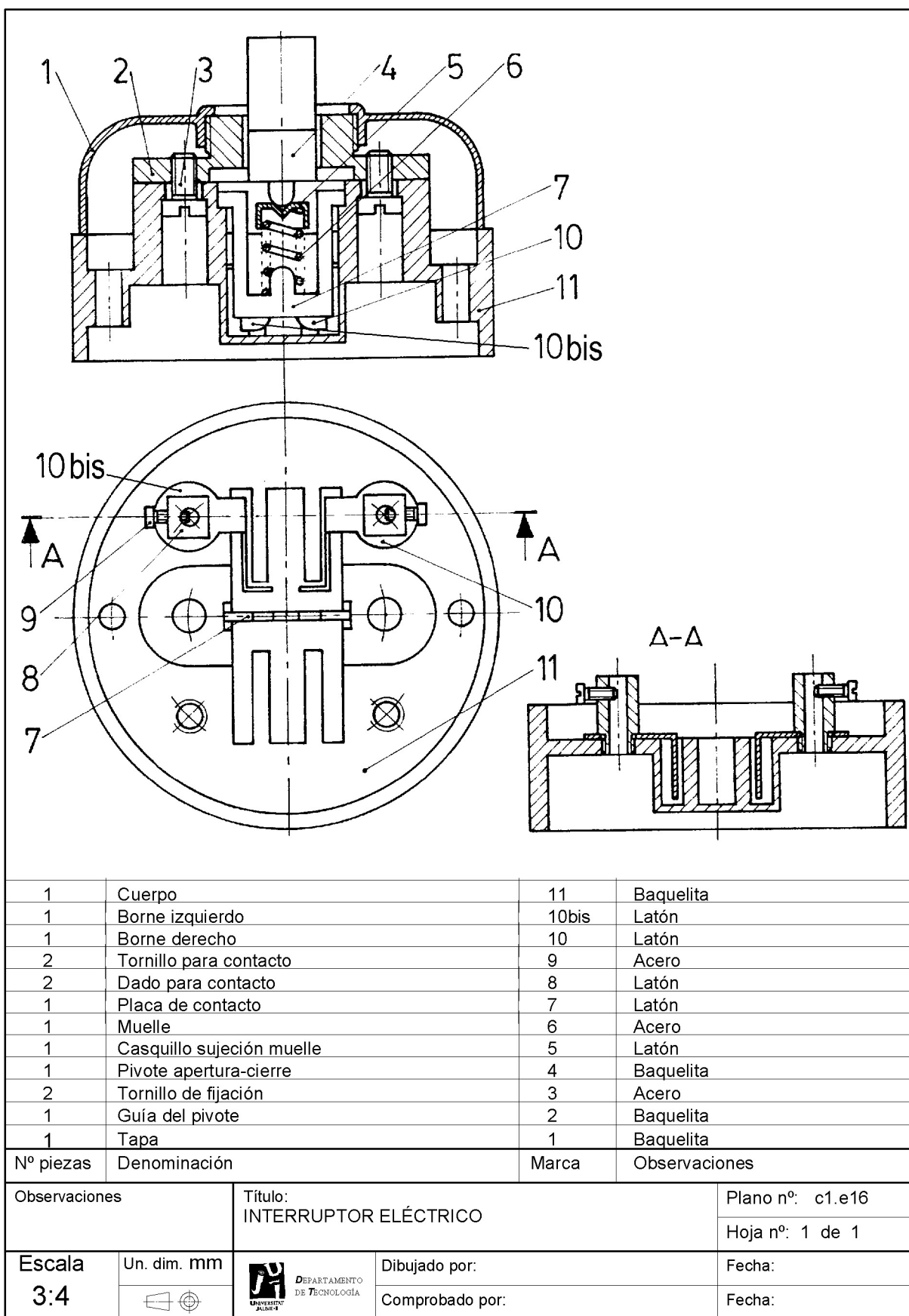


Figura 1.16.1

*Figura 1.16.2*



Ejercicio 1.17 Soporte de fijación para lámpara articulada

La figura 1.17.1 muestra una fotografía de un soporte de fijación para una lámpara articulada. La figura 1.17.2 es una perspectiva en explosión de las piezas que lo componen, siendo su montaje como se indica a continuación.

La zona a (24 mm) del espárrago de sujeción (marca 4, acero F1120) se introduce en el alojamiento de $\varnothing 8$ de longitud total 26 mm y a una altura $b = 18$ mm de la base del cuerpo principal (marca 1, PVC negro). El espárrago de sujeción se desliza por el casquillo de guía (marca 6, acero F1120) de $\varnothing 8,5 \times \varnothing 10 \times 20$ mm, el cual queda encajado en el posicionador (marca 5, PVC negro). El cuerpo principal y el posicionador pinzan el tablero de una mesa, por medio de las superficies antideslizantes M y realizadas por un moleteado en paralelo. Finalmente el regulador fijador (marca 7, PVC negro) aprieta por medio de una tuerca hexagonal (marca 8) de M8 DIN 934 dejando el útil fijo en la mesa. La tuerca está alojada en el fijador y queda unida a él por medio de un ajuste con apriete. El soporte fijador (marca 3, PVC negro) que lleva adherido un espárrago roscado M8 se introduce en el alojamiento de $\varnothing 20$ del cuerpo principal y se enrosca en el taladro roscado del soporte lámpara (marca 2, PVC negro) en el cual se aloja la lámpara. Las estrías N permiten articular la lámpara en el ángulo que se desee con un simple giro entre las piezas marcas 2 y 3.

Apartado A

Represente a escala 3/4 el alzado, según dirección A y con un corte total. Complete con la vista lateral izquierda en corte para observar el montaje de las piezas que componen el conjunto.



Figura 1.17.1

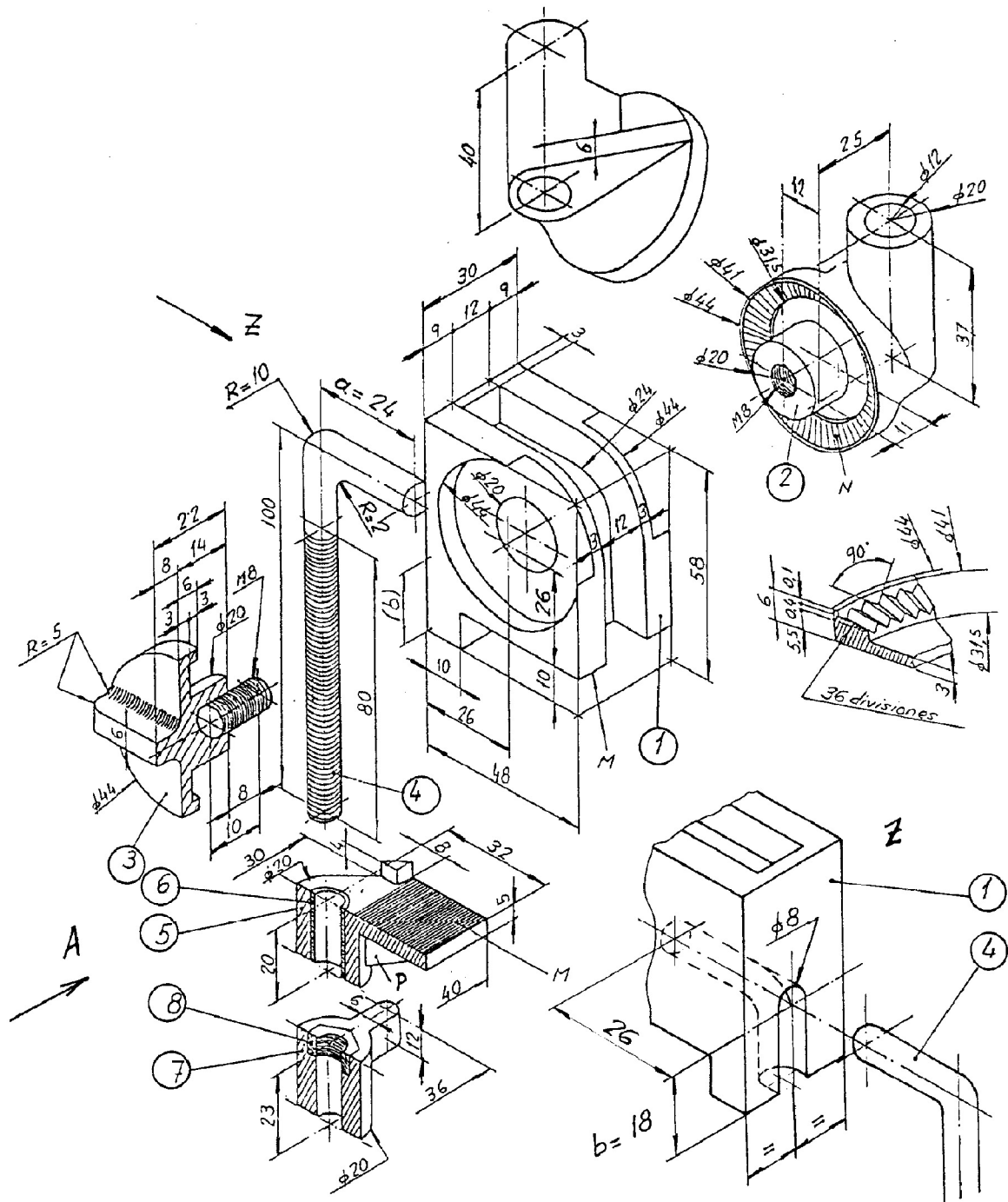


Figura 1.17.2

1	Tuerca hexagonal	8	DIN 934
1	Regulador fijador	7	PVC negro
1	Casquillo guía	6	Acero F1120
1	Posicionador	5	PVC negro
1	Espárrago de sujeción	4	Acero F1120
1	Soporte fijador	3	PVC negro
1	Soporte de lámpara	2	PVC negro
1	Cuerpo Principal	1	PVC negro
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: SOPORTE LÁMPARA ARTICULADA	
		Plano nº: c1.e17	
		Hoja nº: 1 de 1	
Escala 3:4	Un. dim. mm 	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	
		Dibujado por:	Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.18 Programador de horno eléctrico

En la figura 1.18.1 se ha representado un programador de un horno eléctrico por medio de una perspectiva explotada (axonometría ortogonal isométrica escalas $E_x = E_y = E_z = 3/5$). En la figura 1.18.2 se ha representado un dibujo de conjunto del mismo a escala 3/5. Contiene un alzado en corte, perfil derecho e izquierdo también en corte, y una planta inferior.

Las condiciones funcionales que han guiado el diseño realizado se pueden resumir del siguiente modo:

1. El mando (marca 1), a través del eje 2, hace girar el eje selector (marca 3), solidario con el eje por estar montado a presión.
2. El mando permite combinar cinco tareas diferentes (una por cada pareja de conectores). Para ello el eje selector tiene 5 discos que, en función de que exista o no rebaje en cada disco, permiten o no la conexión entre el conector flexible (marca 6) y el conector fijo (marca 5). Estos dos conectores están fijos al soporte (4) por medio de sendos remaches (marca 7).
3. Existen únicamente 8 posiciones estables para el giro del mando, gracias a un sexto disco del eje selector, al muelle marca 9 y a la pieza guía marca 8, alojados en la pieza soporte (marca 4), lo que permite elegir hasta ocho combinaciones diferentes de las cinco tareas.

Tanto en la figura 1.18.1 como la 1.18.2 se ha representado únicamente el rebaje de uno de los discos en la posición de contacto, a fin de mostrar su forma. En ambas representaciones se ha incluido además un único conjunto de conectores (5 y 6) con sus correspondientes remaches (7) sin conformar.

En la tabla siguiente se indican las conexiones que corresponden al diseño del modelo de horno considerado (X significa que el conector de la columna correspondiente debe estar activado –conectado– en la posición de la fila correspondiente).

Posición	Conector				
	A	B	C	D	E
0	-	-	-	-	-
1	X	X	-	-	-
2	X	X	X	-	-
3	X	-	X	-	-
4	X	X	-	X	-
5	X	X	X	X	-
6	X	-	X	X	-
7	X	-	-	-	X

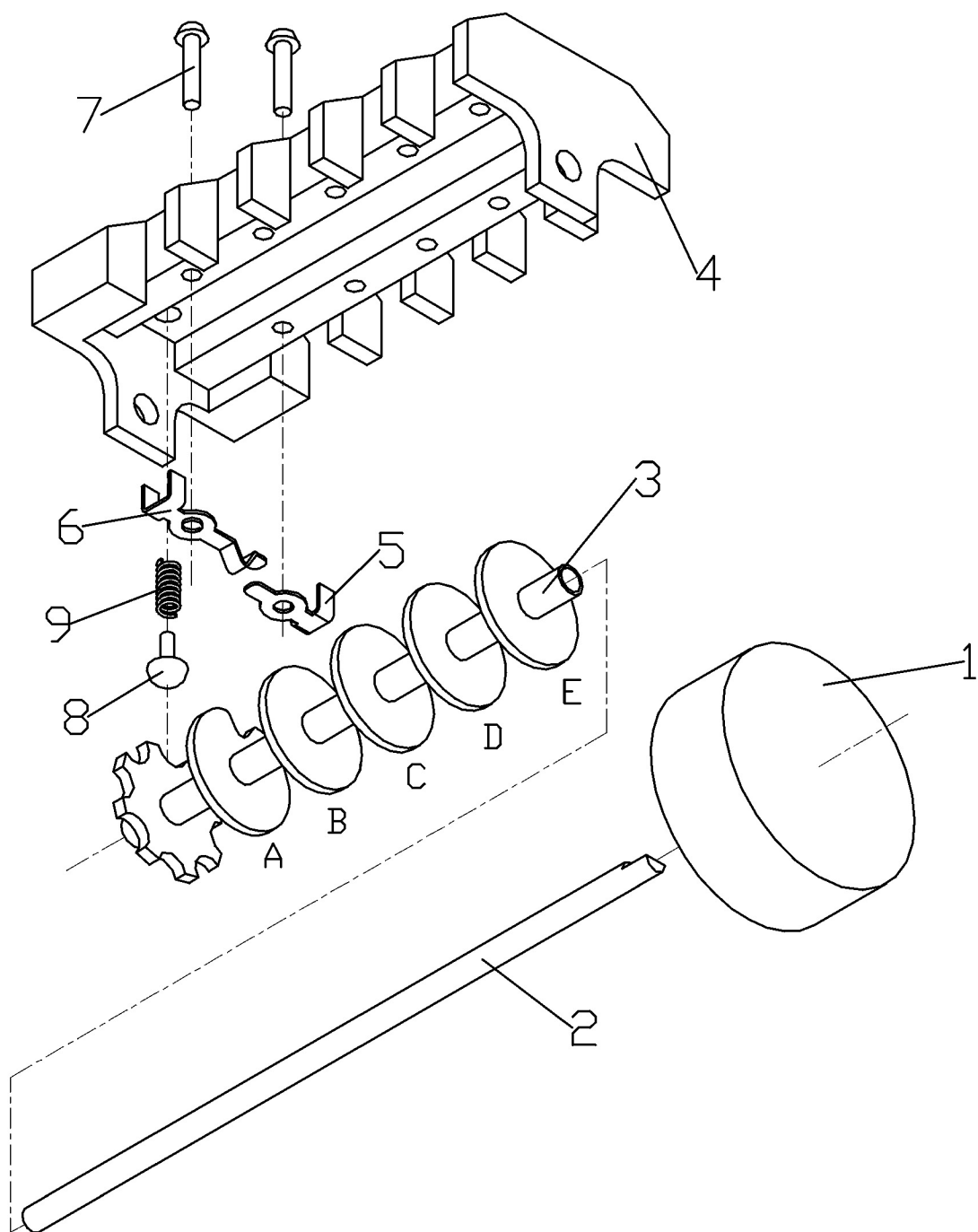
Por tanto debe definirse la forma de los cinco discos del eje selector, para que éste actúe según la tabla de conexiones dadas. De las dos soluciones posibles, elíjase aquella en la cual las posiciones 0, 1, 2, etc, se alcancen girando el mando (1) en sentido horario (visto desde la posición del usuario).

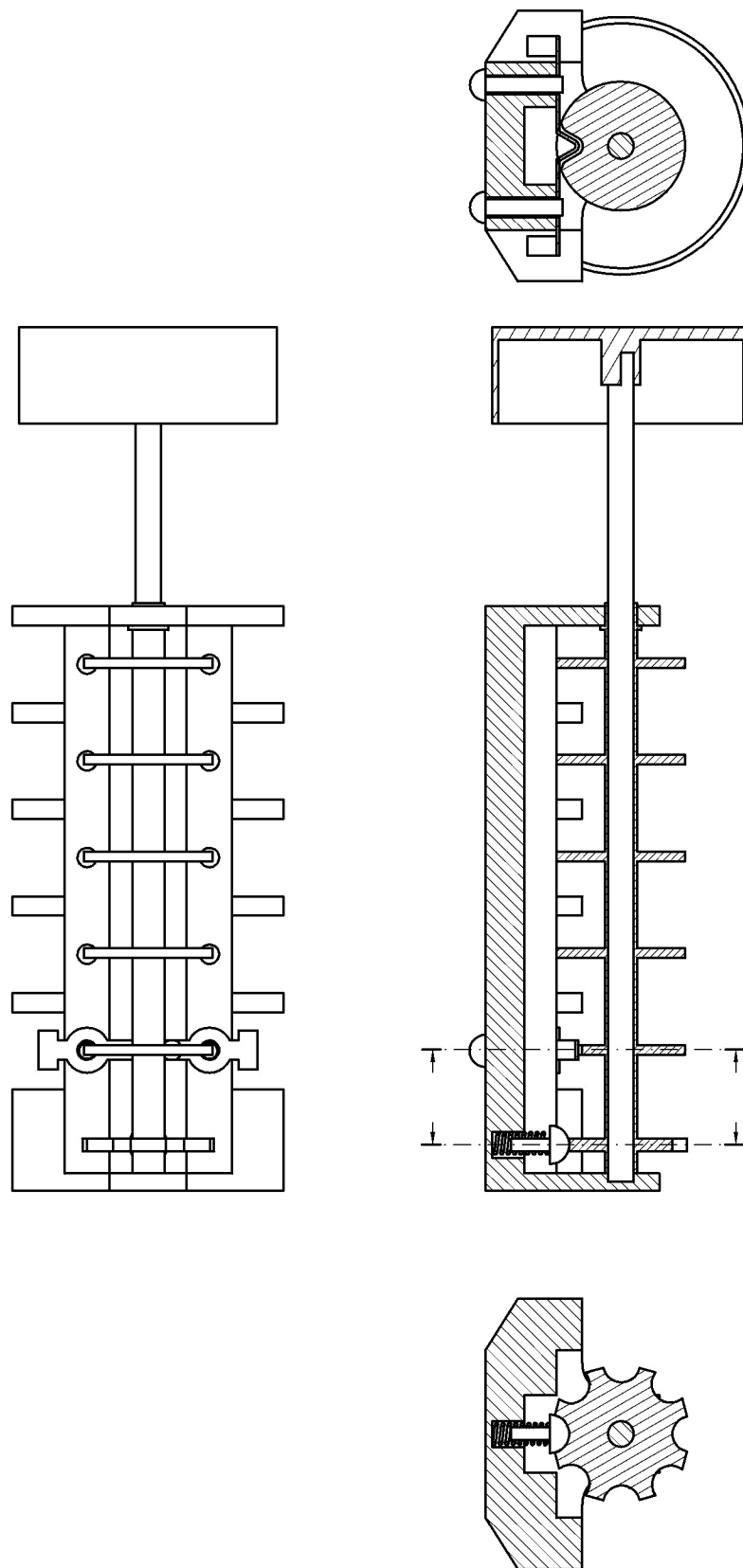
Apartado A

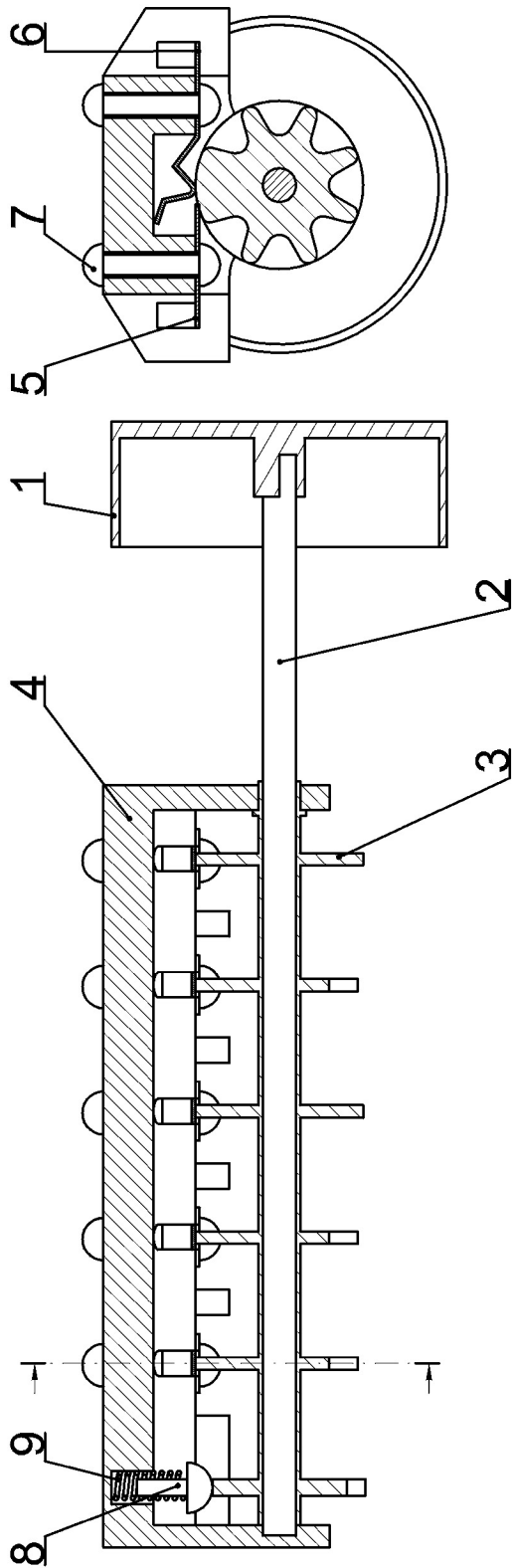
Reproduzca el alzado y perfil izquierdo con los mismos cortes que en la figura 1.18.2 incluyendo todas las piezas con su conformación final. Incluya el cajetín de despiece con marcas, denominaciones y número de piezas.

Apartado B

Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto. La determinación debe incluir acotación completa.

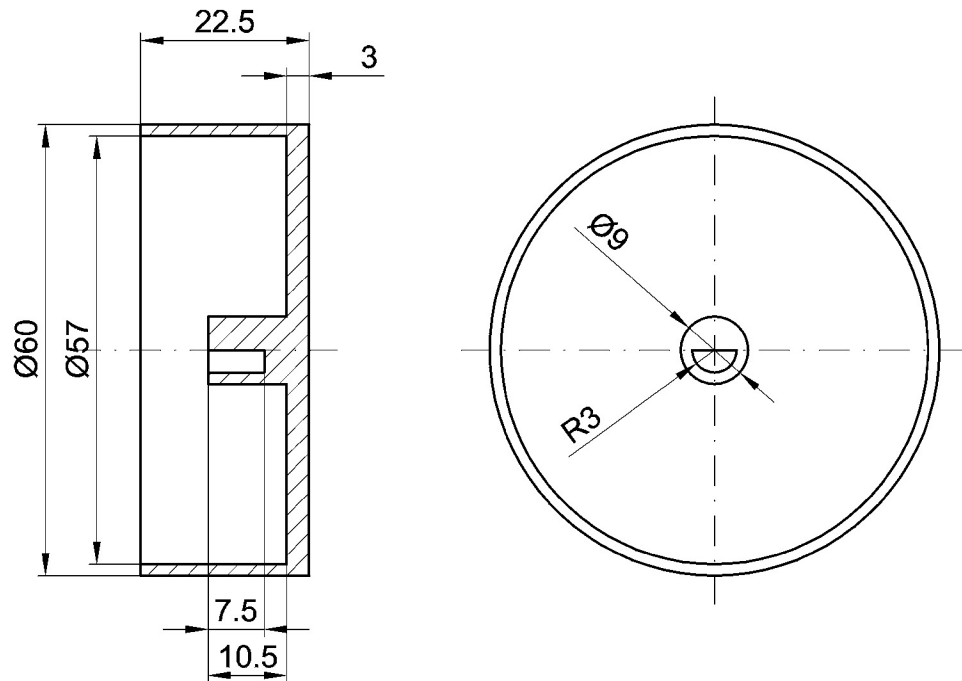
*Figura 1.18.1*

*Figura 1.18.2*

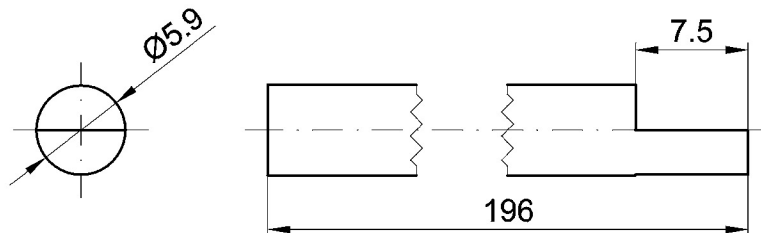




1	Muelle	9	
1	Guía	8	
10	Remache	7	
5	Conector flexible	6	
5	Conector fijo	5	
1	Soporte	4	
1	Eje selector	3	
1	Eje	2	
1	Mando	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones			
Título:		Plano nº: c1.e18	
PROGRAMADOR DE HORNO ELÉCTRICO		Hoja nº: 1 de 7	
Escala	Un. dim. mm	Dibujado por:	
3:4		Comprobado por:	
		Fecha:	
		Fecha:	

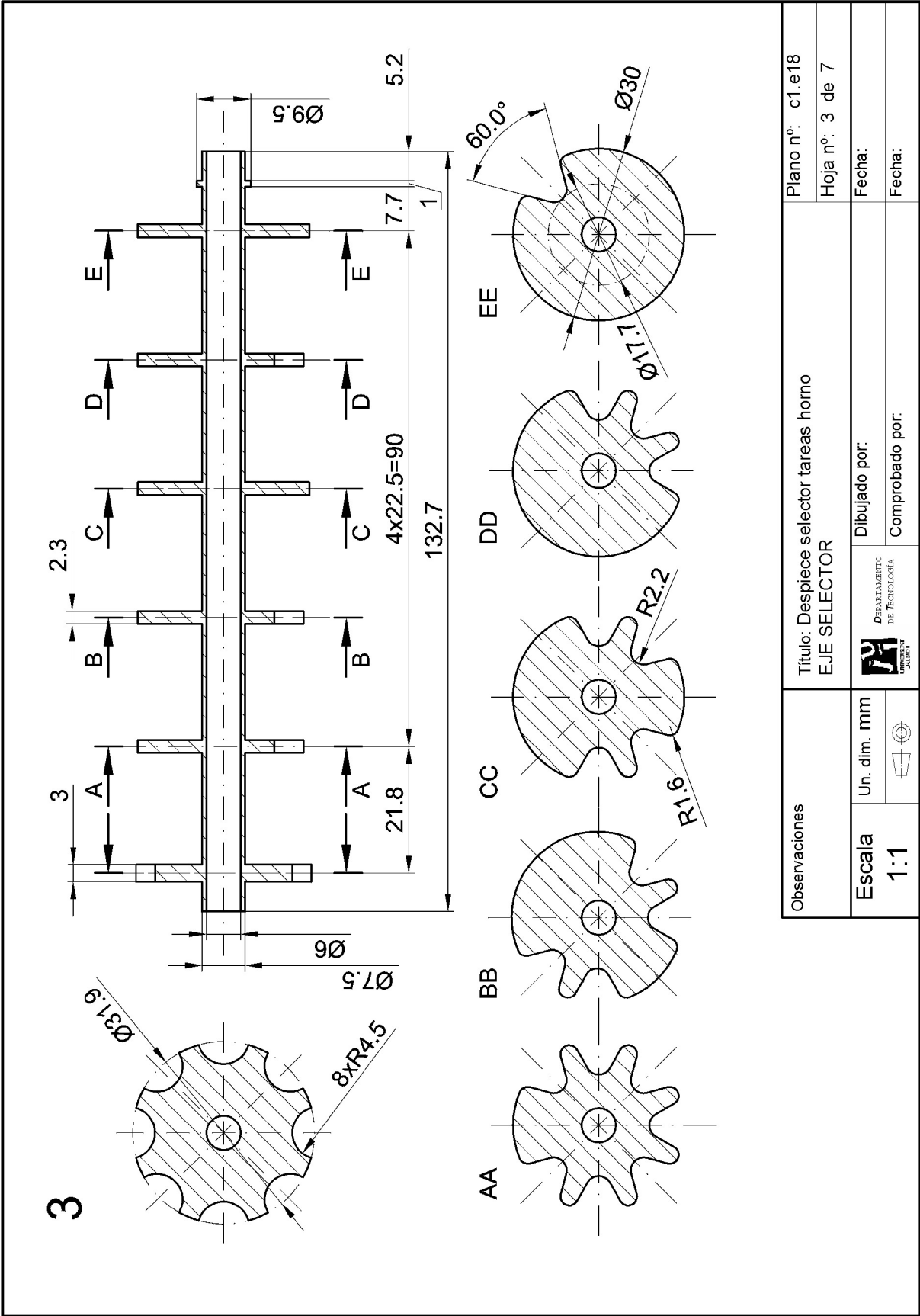
1



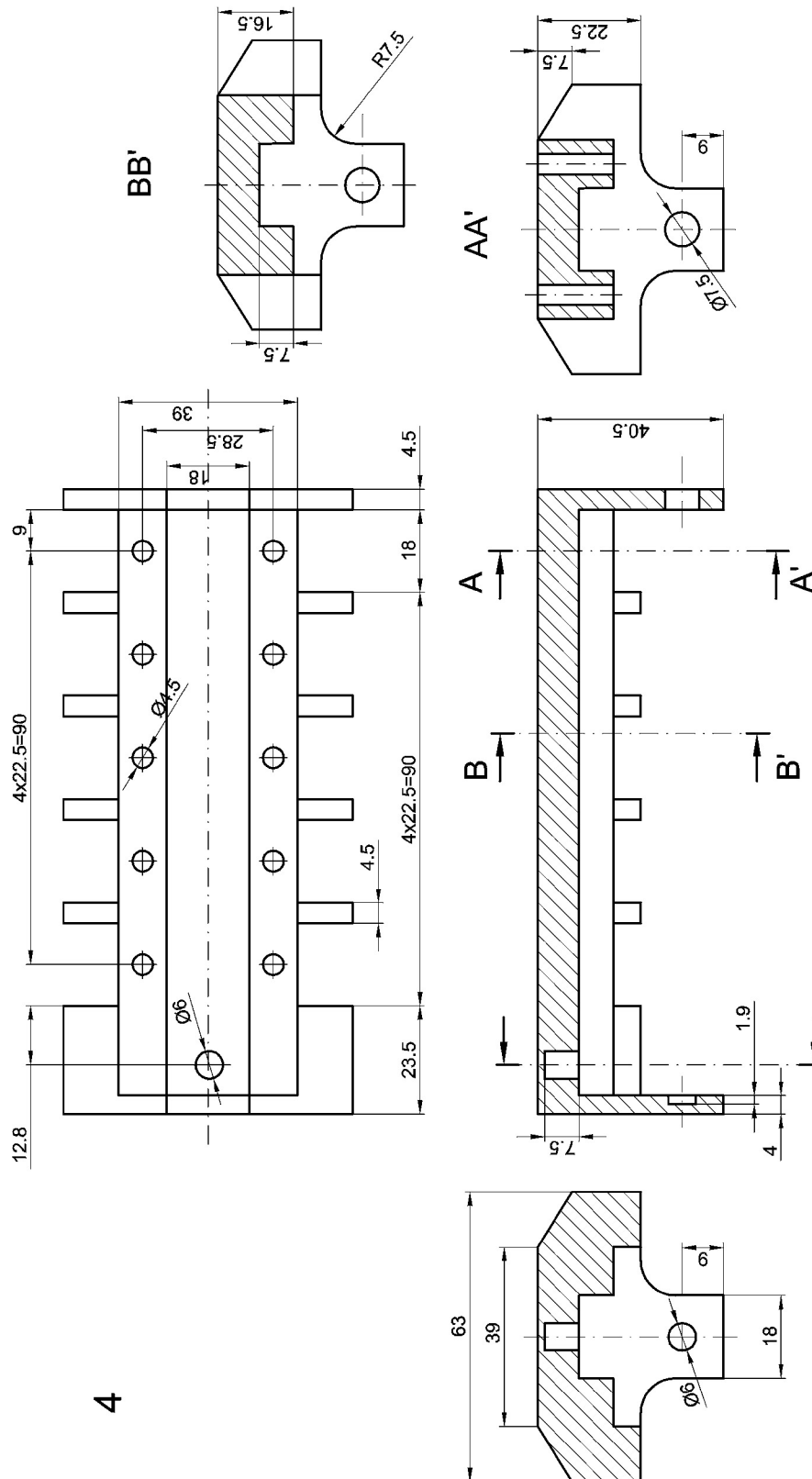
2 (Escala 2:1)





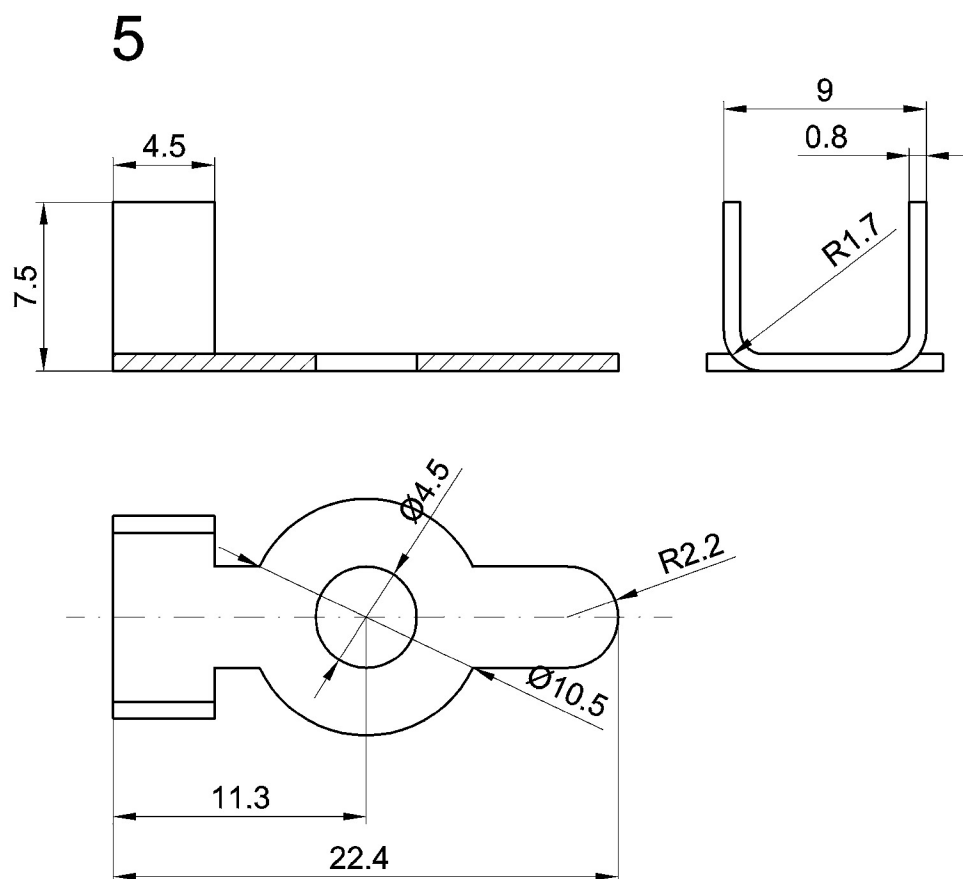
Observaciones		Título: DESPIECE SELECTOR TAREAS HORNO		Plano nº: c1.e18	
				Hoja nº: 2 de 7	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITY JUSSIEU	Dibujado por:	Fecha:	
				Comprobado por:	





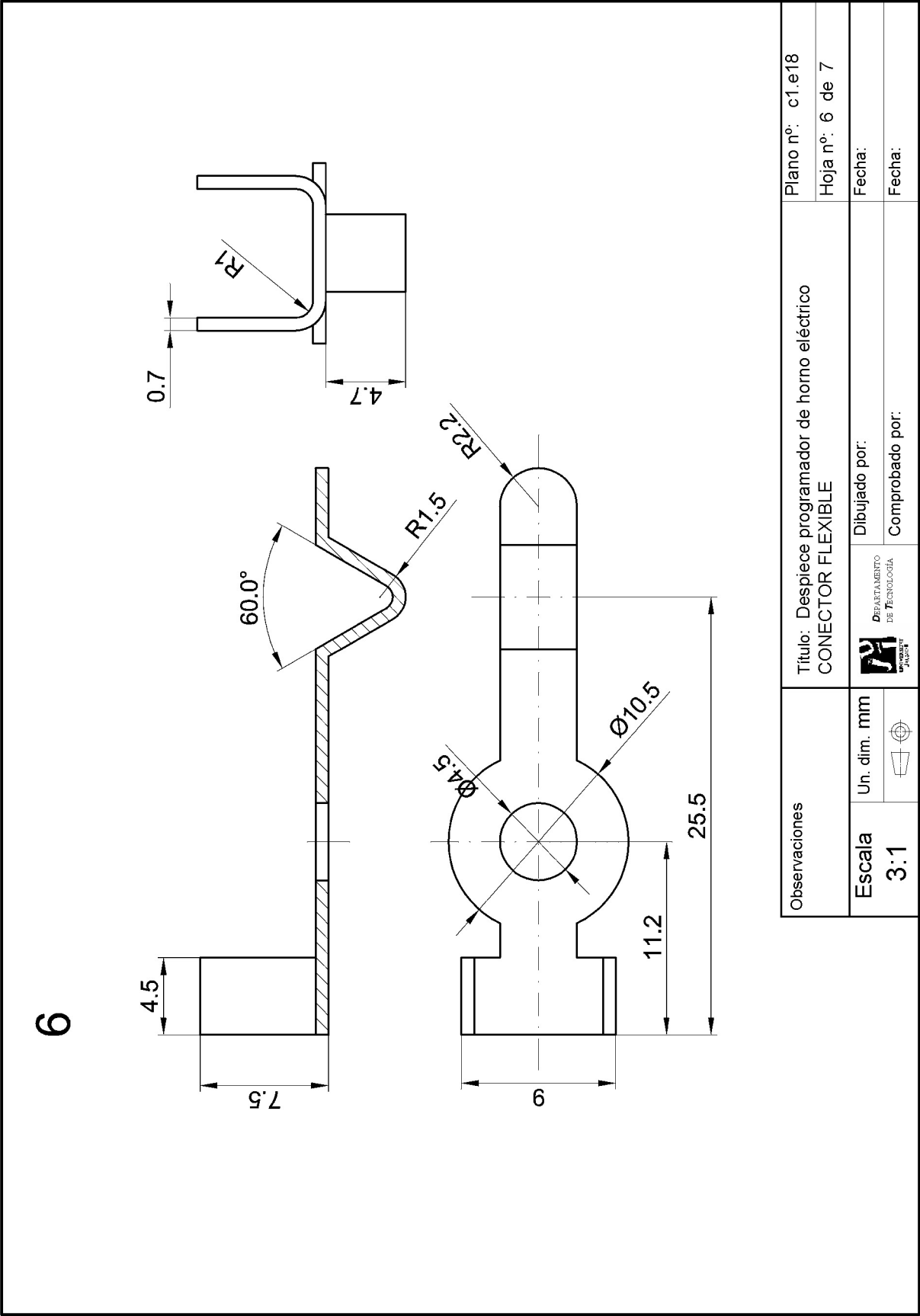
4



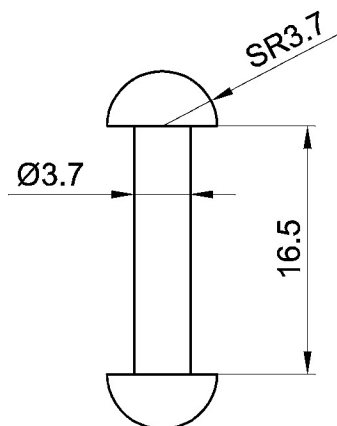
Observaciones		Título: Despiece programador de horno eléctrico SOPORTE		Plano nº: c1.e18
				Hoja nº: 4 de 7
Escala 2:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



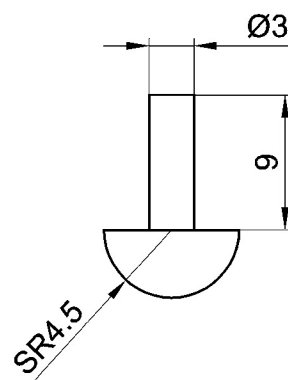
Observaciones		Título: Despiece programador de horno eléctrico CONECTOR FIJO	Plano nº: c1.e18	
			Hoja nº: 5 de 7	
Escala 3:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



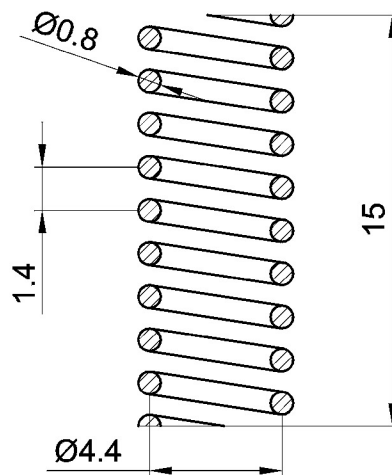
7





8



9 (E 4:1)



Observaciones		Título: DESPIECE PROGRAMADOR DE HORNO ELÉCTRICO		Plano nº: c1.e18
				Hoja nº: 7 de 7
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.19 Transmisión de coche de juguete

En la figura 1.19.2 se representa el alzado y la planta del tren de engranajes que acciona un coche de juguete, tras haber representado con línea de trazo y dos puntos algunas piezas adyacentes al tren de engranajes. En la figura 1.19.1 se representa una pseudoperspectiva de los 3 trenes de engranajes que producen el movimiento del coche. Las partes que componen el automóvil son:

Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Tren motriz	1	PVC
1	Tren intermedio	2	PVC
1	Tren inercial	3	Aluminio L-2520
1	Carrocería	4	PVC
1	Chasis	5	PVC
2	Ruedas traseras	6	PVC
1	Eje de ruedas delantero	7	PVC

La carrocería, representada únicamente en el alzado, se asienta por medio de tres pivotes en los tres alojamientos A situados en el chasis, representado únicamente en la planta.

Los tres trenes de engranajes se montan también sobre el chasis. Las ruedas traseras del automóvil, representadas únicamente en la planta, van unidas fijamente al tren motriz. Las ruedas delanteras van unidas por un eje que va montado libre sobre el chasis. El diámetro exterior de las cuatro ruedas es de 10 mm.

Al hacer rodar las ruedas traseras sobre el suelo, el giro del tren motriz hace girar al tren intermedio y éste a su vez al inercial, que posee un volante de inercia cuyo giro permite que el movimiento de traslación del automóvil se prolongue. El tren motriz posee una única rueda dentada con 30 dientes (Z_{11}). El tren intermedio se fabrica simétrico para facilitar el montaje y posee por tanto 3 ruedas dentadas. Las dos laterales tienen 9 dientes (Z_{21}). El tren inercial posee una única rueda también de 9 dientes (Z_{31}). Todas las ruedas dentadas son de diente rectos y módulo 0,3 mm. Se sabe además que la distancia entre los ejes de los trenes marca 2 y 3 es de 5,85 mm y están a la misma altura del suelo. El volante de inercia tiene un $\varnothing 14$.

Apartado A

Represente el conjunto formado por los tres trenes de engranajes a escala 4/1, por medio de las vistas y cortes necesarios para definir el montaje de cada uno de ellos. Señale el sentido de giro de cada rueda a partir de la indicada. Las dimensiones no especificadas deben definirse para mantener la funcionalidad del conjunto.

Apartado B

Realice el despiece de cada tren por medio de vistas, cortes y acotación completa. Confeccione un cuadro indicativo en el que se expliciten el módulo (m), número de dientes (Z), diámetro primitivo ($\varnothing_{\text{prim.}}$) y diámetro exterior ($\varnothing_{\text{ext.}}$) de cada una de las ruedas dentadas que constituyen el conjunto.

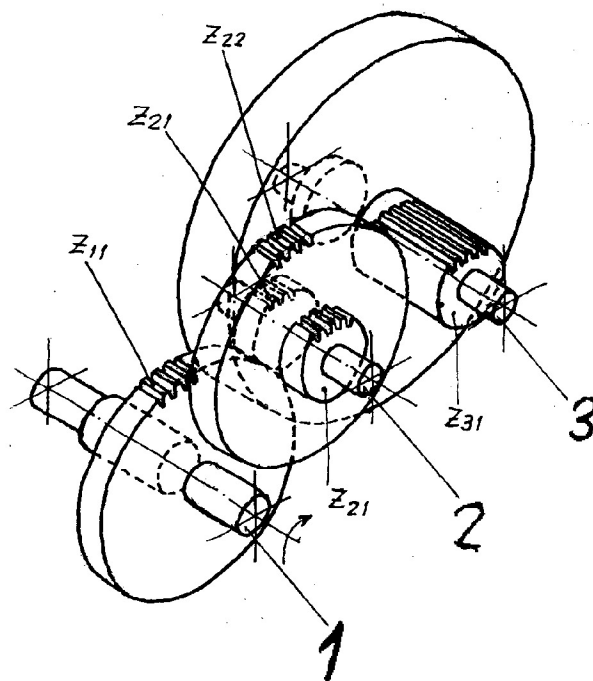


Figura 1.19.1

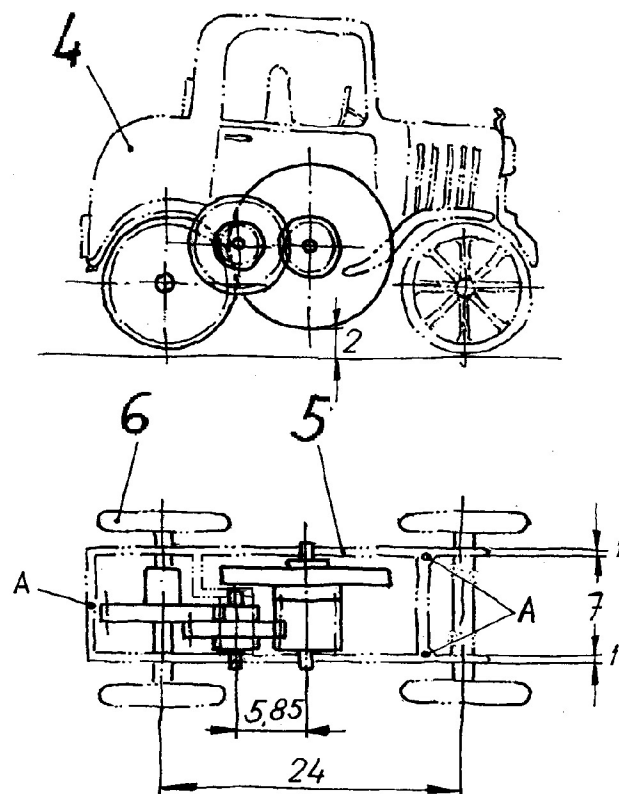
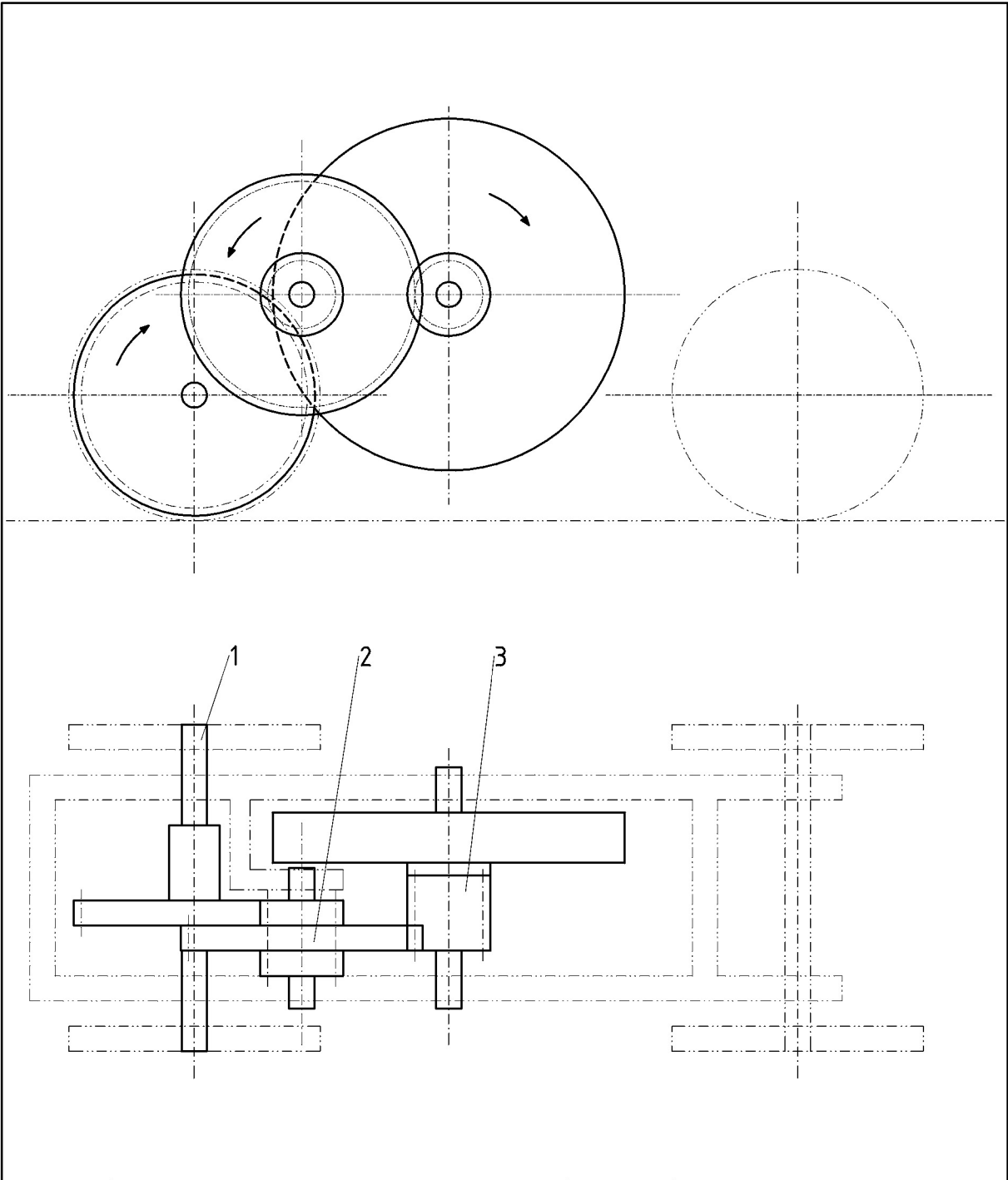




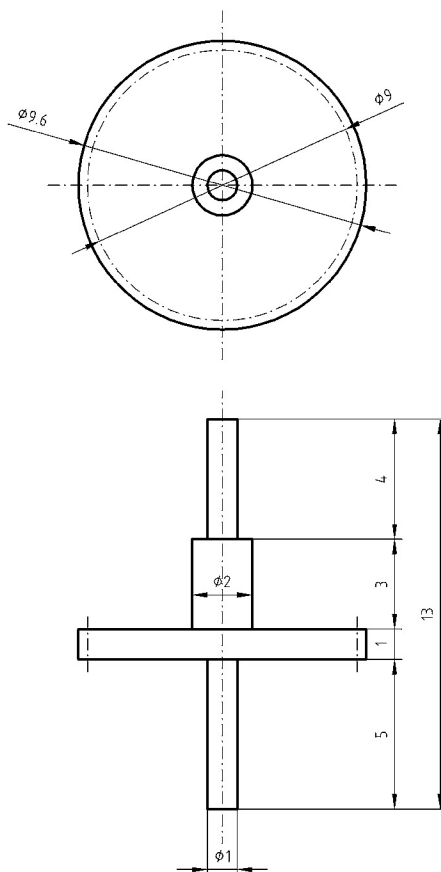
Figura 1.19.2





1	Tren inercial	3	Aluminio L-2522
1	Tren intermedio	2	PVC
1	Tren motriz	1	PVC
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: TRANSMISIÓN DE COCHE DE JUGUETE	
		Plano nº: c1.e19	
		Hoja nº: 1 de 4	
Escala 4:1	Un. dim. mm	Dibujado por:	Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:



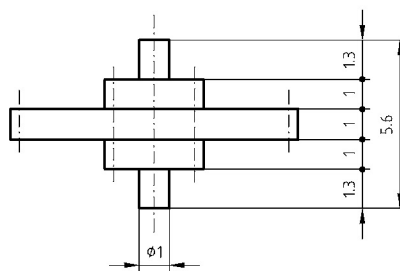
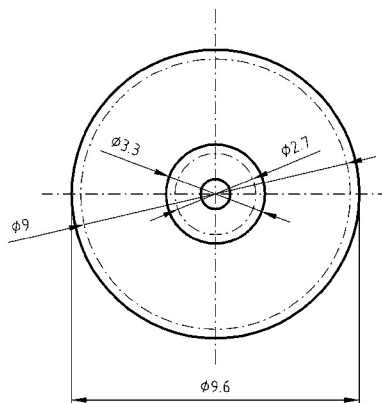
1



Rueda Z11	
módulo m	0.3
nº dientes Z	30
\varnothing primitivo	9
\varnothing exterior	9.6



Observaciones		Título: TREN MOTRIZ		Plano nº: c1.e19	
				Hoja nº: 2 de 4	
Escala 4:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD BURGOS	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

2

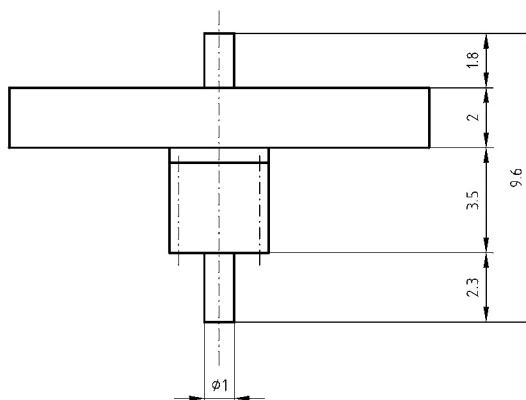
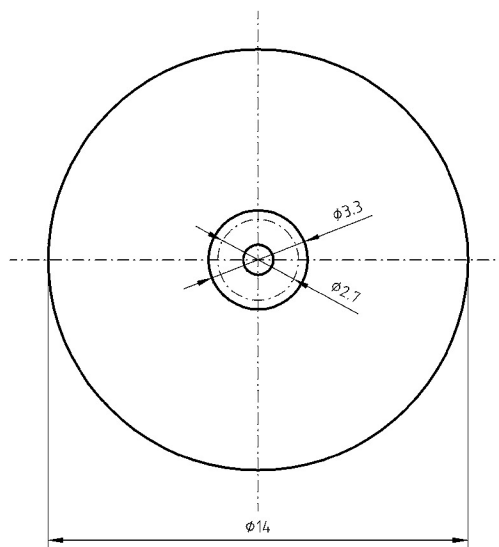


Rueda Z21	
módulo m	0.3
nº dientes Z	9
Ø primitivo	2.7
Ø exterior	3.3



Rueda Z22	
módulo m	0.3
nº dientes Z	30
Ø primitivo	9
Ø exterior	9.6

Observaciones		Título: TREN INTERMEDIO		Plano nº: c1.e19
				Hoja nº: 3 de 4
Escala 4:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

3



Rueda Z31	
módulo m	0.3
nº dientes Z	9
Ø primitivo	2.7
Ø exterior	3.3

Observaciones		Título: TREN INERCIAL		Plano nº: c1.e19
				Hoja nº: 4 de 4
Escala 4:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITAT JAUME I	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.20 Transmisión de una locomotora de juguete

En la figura 1.20.1 se ha representado por medio de una axonometría ortogonal ($ZOX = 95^\circ$, $XOY = YOZ = 150^\circ$) las piezas que componen el conjunto de tracción de una locomotora de un tren eléctrico de juguete. El conjunto está compuesto por:

Nº piezas	Denominación	Marca	Material y dimensiones
1	Bancada	1	Plástico
1	Eje motriz	2	Acero F-1140 $\varnothing 2 \times 5$
1	Rueda dentada motriz primaria	3	Bronce C-6435, 18 dientes
1	Rueda dentada motriz secundaria	4	Bronce C-6435, 14 dientes
6	Rueda para el rail	5	Acero F-1140 $\varnothing 8$, $\varnothing 10$
3	Eje para ruedas de rail	6	Acero F-1140 $\varnothing 2 \times 12$
3	Casquillo para eje de rail	7	Bronce C-6435 $\varnothing 2 \times \varnothing 2,5 \times 6,15$
5	Rueda dentada conducida	8	Bronce C-6435, 16 dientes
2	Eje para engranajes intermedios	9	Acero 1140 $\varnothing 2 \times 7$
2	Casquillo para ejes intermedios	10	Bronce C-6435 $\varnothing 2 \times \varnothing 2,5$
1	Chasis	11	Plástico

Se pueden distinguir varios subconjuntos en el montaje de la transmisión:

- Un subconjunto motriz, compuesto por el eje y las dos ruedas dentadas motrices, marcas 2, 3 y 4. Las dos ruedas van montadas por medio de un ajuste con apriete sobre el eje.
- Tres subconjuntos de rail, compuestos cada uno por un eje, un casquillo, una rueda dentada y dos ruedas, marcas 6, 7, 8 y 5. Tanto las ruedas para el rail como la dentada van montadas sobre el eje por medio de un ajuste con apriete. El casquillo se monta por medio de un ajuste con juego, tanto en el eje como en la bancada permitiendo así el giro de los ejes en sus apoyos.
- Dos subconjuntos intermedios, compuestos cada uno por un eje, un casquillo y una rueda dentada, marcas 9, 10 y 8. De la misma forma que en el subconjunto anterior, la rueda dentada va montada sobre el eje con apriete y el casquillo con juego.

La bancada y el chasis (no dibujado en la figura 1.20.1) sirven para alojar los diferentes subconjuntos.

Como puede observarse de la figura, los ejes e_2 , e_3 , e_4 , e_5 y e_6 son coplanarios y paralelos y sirven para alojar alternativamente los subconjuntos de rail y los subconjuntos intermedios. El eje e_1 es también paralelo a todos ellos y está situado en la vertical de e_2 .

La rueda Z_{11} recibe el giro de un engranaje no dibujado que está acoplado al motor eléctrico que transmite la potencia necesaria para poner en marcha la locomotora. La rueda Z_{12} engrana con la Z_{21} , esta a su vez con la intermedia Z_{31} , que engrana con la Z_{41} , y ésta a su vez con la intermedia Z_{51} y ésta finalmente con la Z_{61} , quedando todas las ruedas que apoyan sobre el rail accionadas a la misma velocidad. El módulo de todas las ruedas es de 0,45 y su espesor 1,35 mm.

Apartado A

Represente el conjunto formado por los trenes de engranajes a escala 10/1, por medio de las vistas y cortes necesarios para definir el montaje de cada uno de ellos. No es necesario representar la bancada ni el chasis.

Apartado B

Realice el despiece de cada uno de los tres subconjuntos de la transmisión utilizando las vistas y cortes necesarios y correctamente acotado. Confeccione un cuadro indicativo en el que se expliciten el módulo (m), número de dientes (Z), diámetro primitivo ($\varnothing_{\text{prim.}}$) y diámetro exterior ($\varnothing_{\text{ext.}}$) de cada una de las ruedas dentadas que constituyen el conjunto.

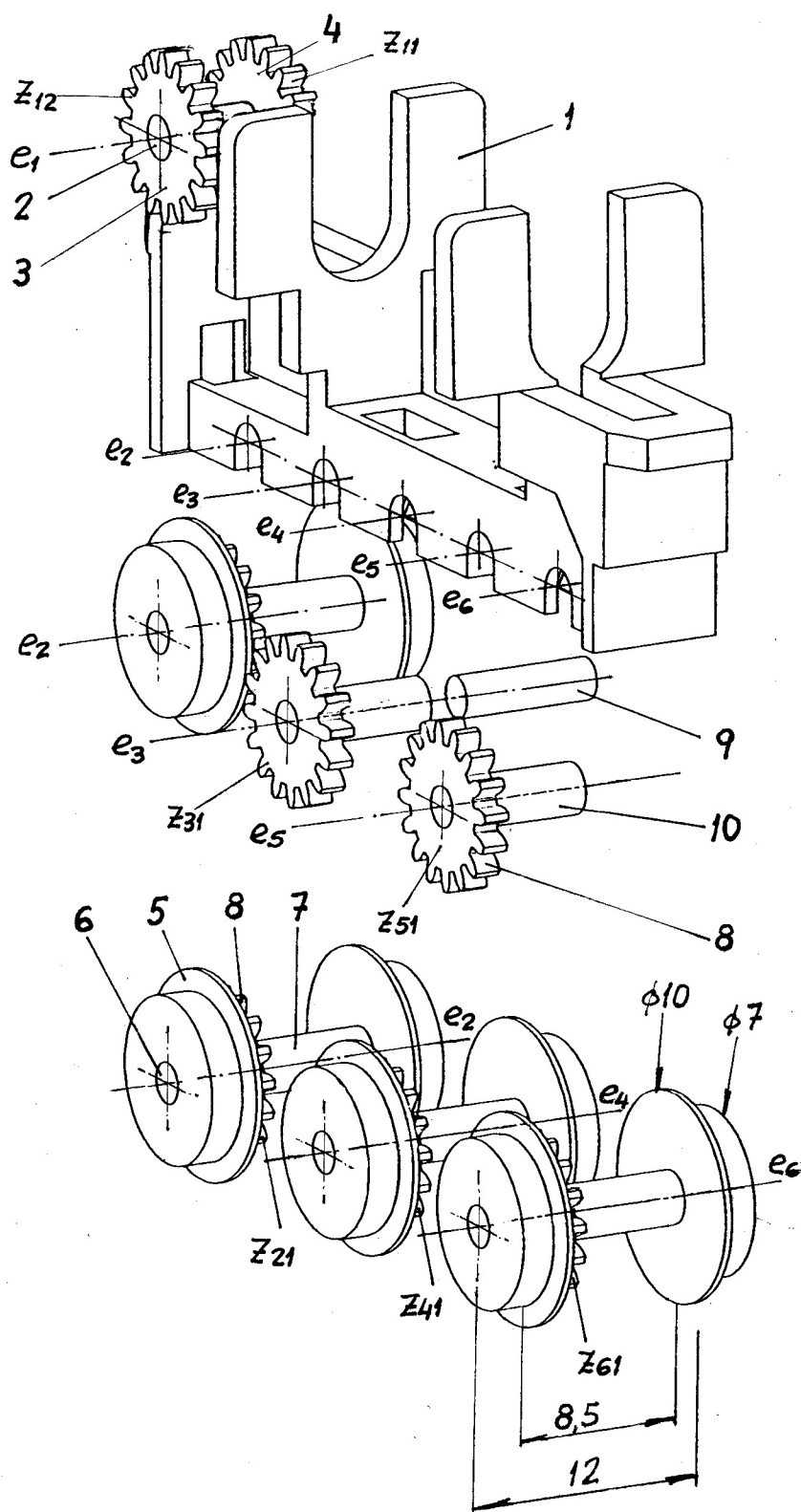
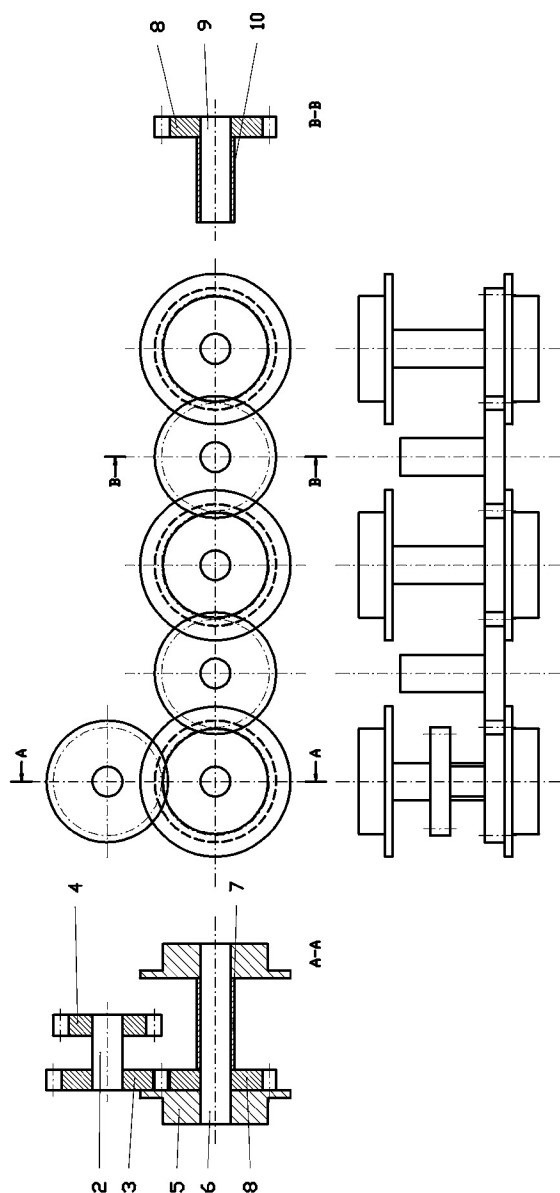

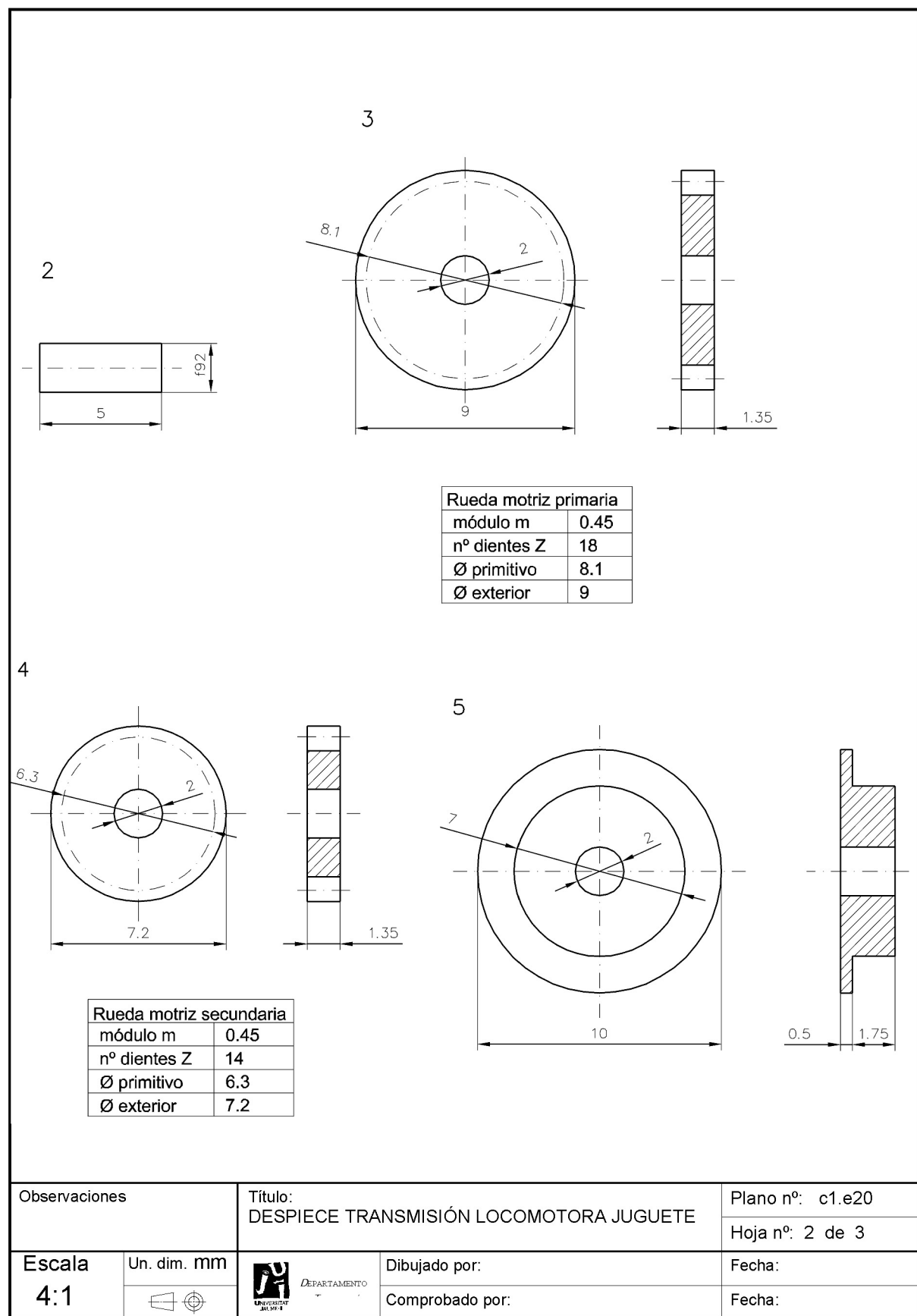


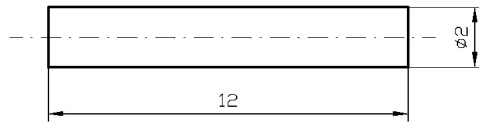
Figura 1.20.1



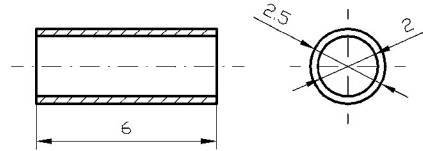
2	Casquillo para eje intermedio	10	Bronce C-6435
2	Eje para engranajes intermedios	9	Acero F-1140
5	Rueda dentada conducida	8	Bronce C-6435
3	Casquillo para eje de rail	7	Bronce C-6435
3	Eje para ruedas de rail	6	Acero F-1140
6	Rueda para el rail	5	Acero F-1140
1	Rueda dentada motriz secundaria	4	Bronce C-6435
1	Rueda dentada motriz primaria	3	Bronce C-6435
1	Eje motriz	2	Acero F-1140
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: TRANSMISIÓN DE LOCOMOTORA DE JUGUETE	
		Plano nº: c1.e20	
		Hoja nº: 1 de 3	
Escala 2:1	Un. dim. mm	Dibujado por:	
		Comprobado por:	
		Fecha:	
		Fecha:	



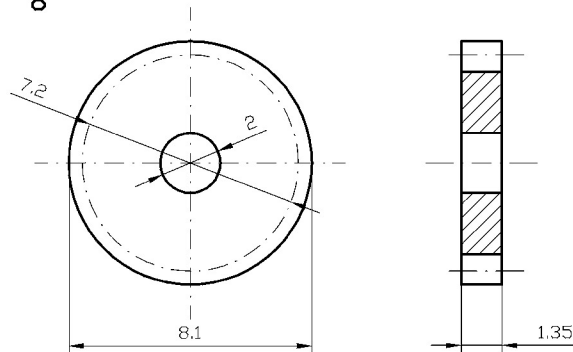
6



7



8

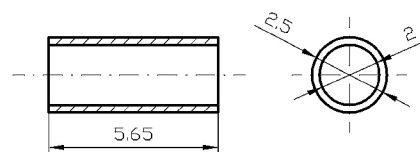




Rueda conducida	
módulo m	0.45
nº dientes Z	16
Ø primitivo	7.2
Ø exterior	8.1

9



10



Observaciones		Título: DESPIECE TRANSMISIÓN LOCOMOTORA JUGUETE		Plano nº: c1.e20
				Hoja nº: 3 de 3
Escala 4:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.21 Bujía

En la figura 1.21.1 se representa a escala 1/1 el dibujo de conjunto de una bujía. Los elementos que lo componen son los siguientes:

1. Semicuerpo inferior (acero)
2. Semicuerpo superior (acero)
3. Aislador (porcelana vitrificada)
4. Electrodo (hierro)
5. Arandela (bronce)

Para completar la definición de las piezas habrá que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- La rosca de las piezas 1 y 2, así como la de la pieza 4 son roscas métricas ISO.
- El electrodo inferior de la pieza 1 tiene sección cuadrada.
- El contorno superior de las piezas 1 y 2 es hexagonal.

Apartado A

Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto con criterio de economía de vistas y cortes, incluyendo acotación completa.

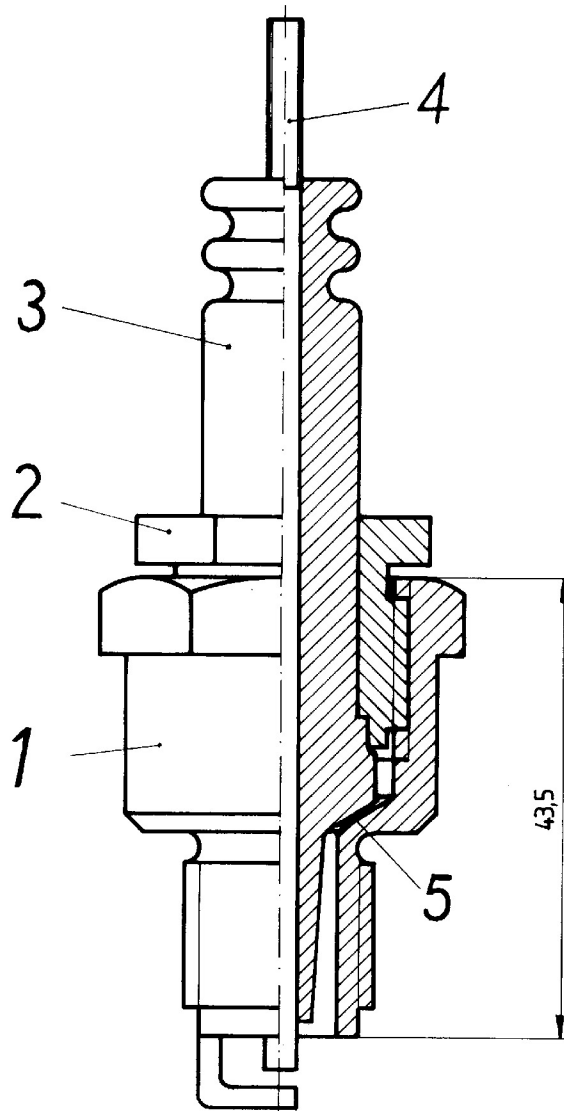
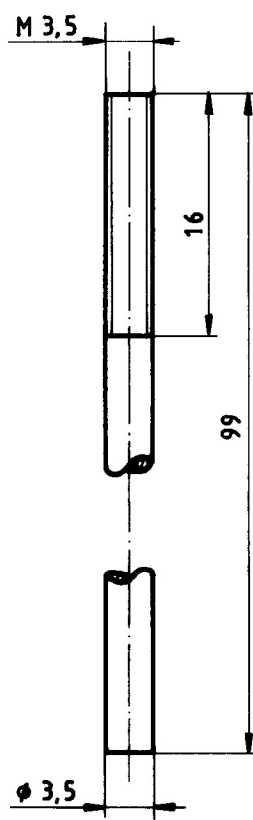
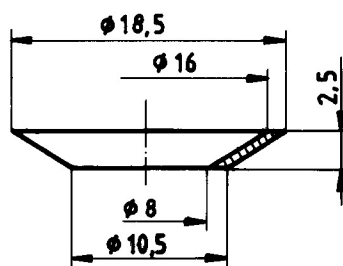




Figura 1.21.1



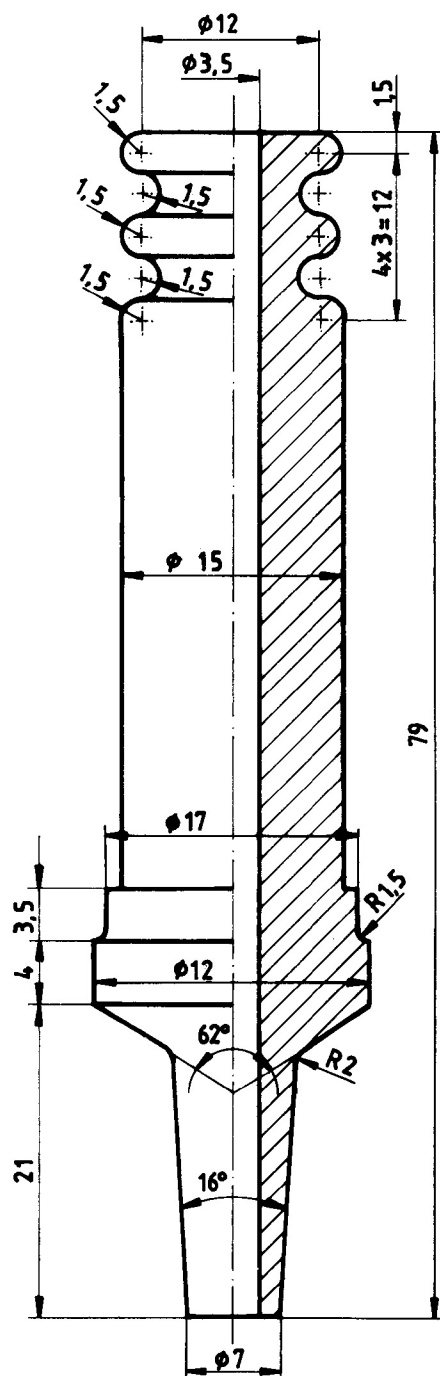
4





5

Observaciones		Título: Despiece bujía ELECTRODO Y ARANDELA		Plano nº: c1.e21
				Hoja nº: 2 de 4
Escala 2:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JOHANNESBURG	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

3



Observaciones		Título: Despiece bujía AISLADOR		Plano nº: c1.e21	
				Hoja nº: 4 de 4	
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	

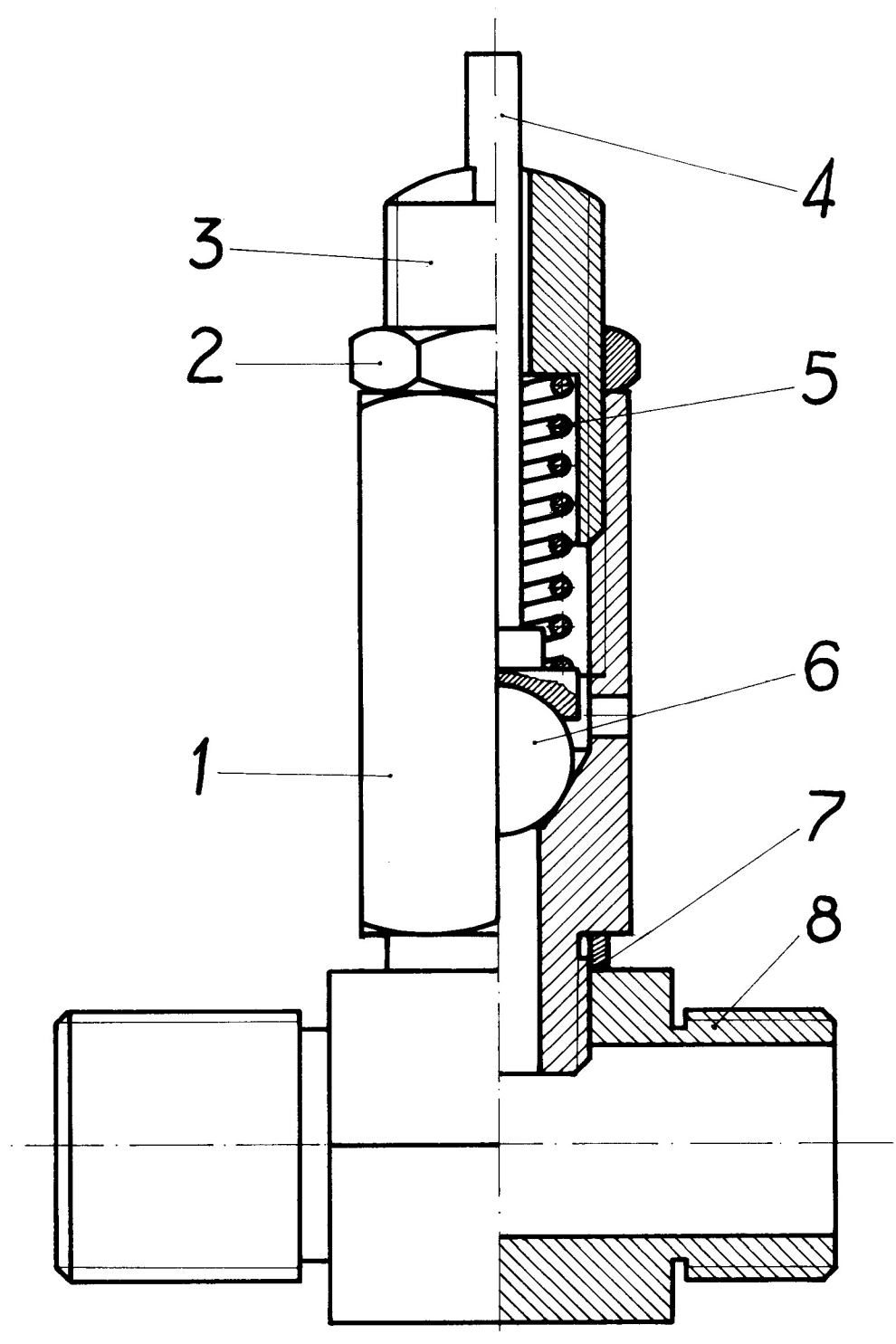
Ejercicio 1.22 Válvula de seguridad

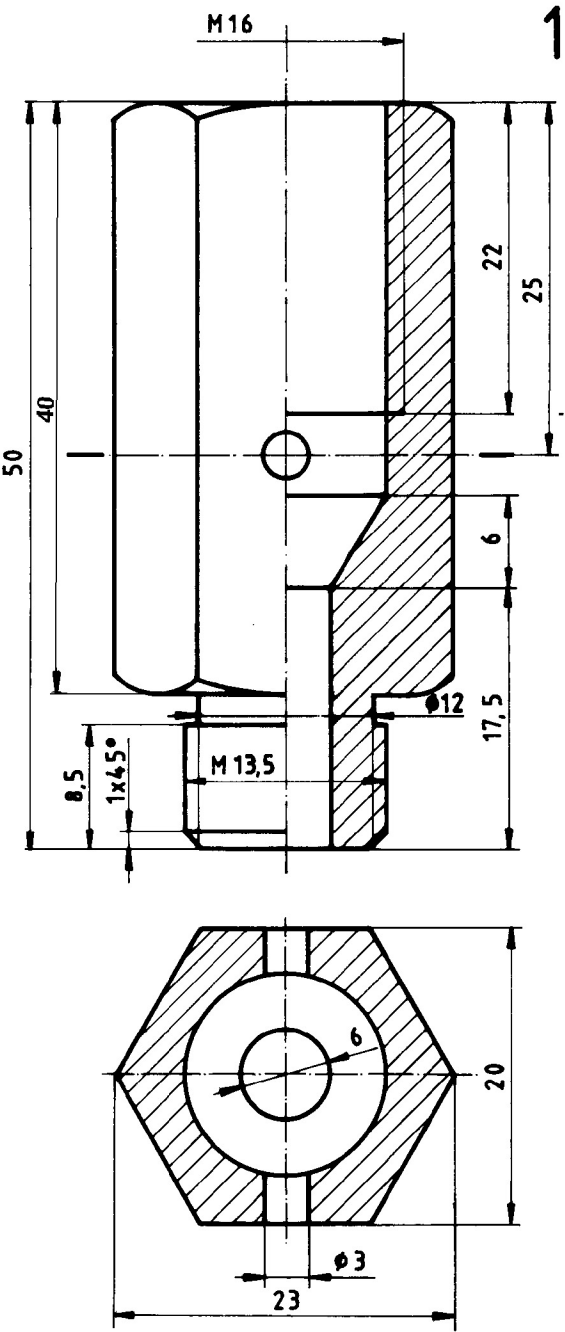
La figura 1.22.1 muestra el dibujo de conjunto de una válvula de seguridad a escala 2/1. Para su completa definición se debe suponer la simetría de todas las piezas y la forma hexagonal de la parte central externa de la pieza 8. Todas las roscas son métricas. En la posición de la figura el muelle tiene un 75% de su longitud libre.



Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Cuerpo	1	Bronce
1	Contratuerca	2	Bronce
1	Tornillo de ajuste	3	Bronce
1	Vástago	4	Bronce
1	Muelle	5	Acero
1	Obturador	6	Acero
1	Junta	7	Caucho
1	Manguito de conexión	8	Acero

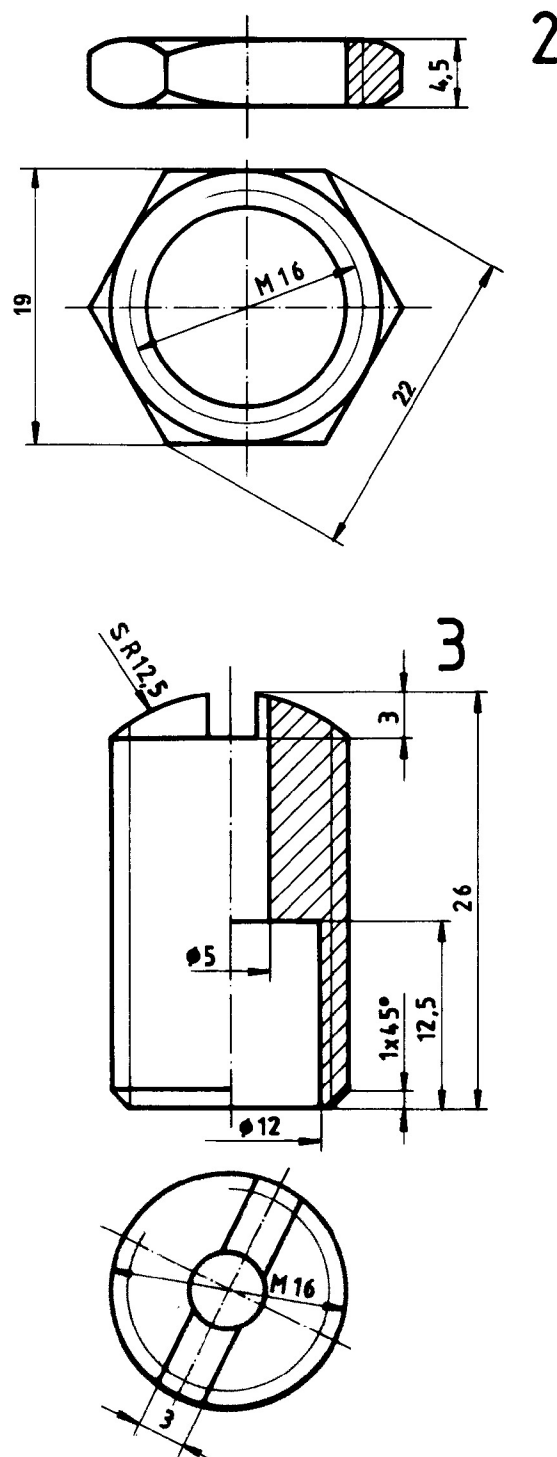
Apartado A



Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto.

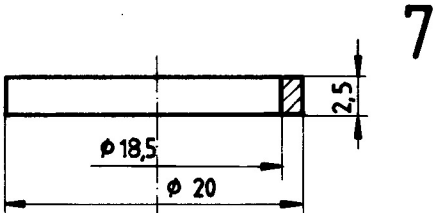
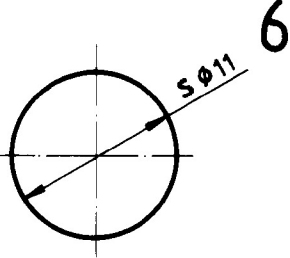
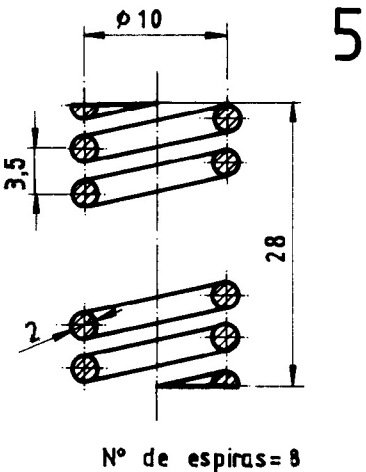
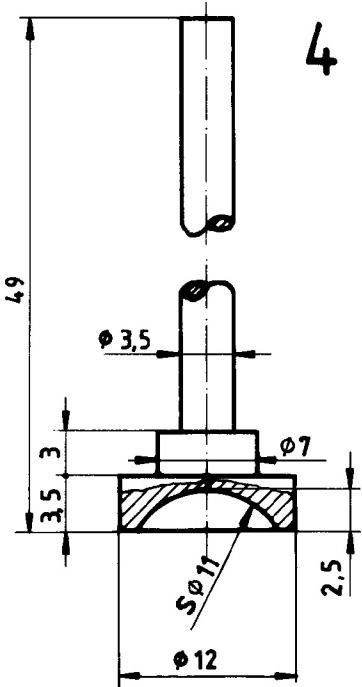
*Figura 1.22.1*





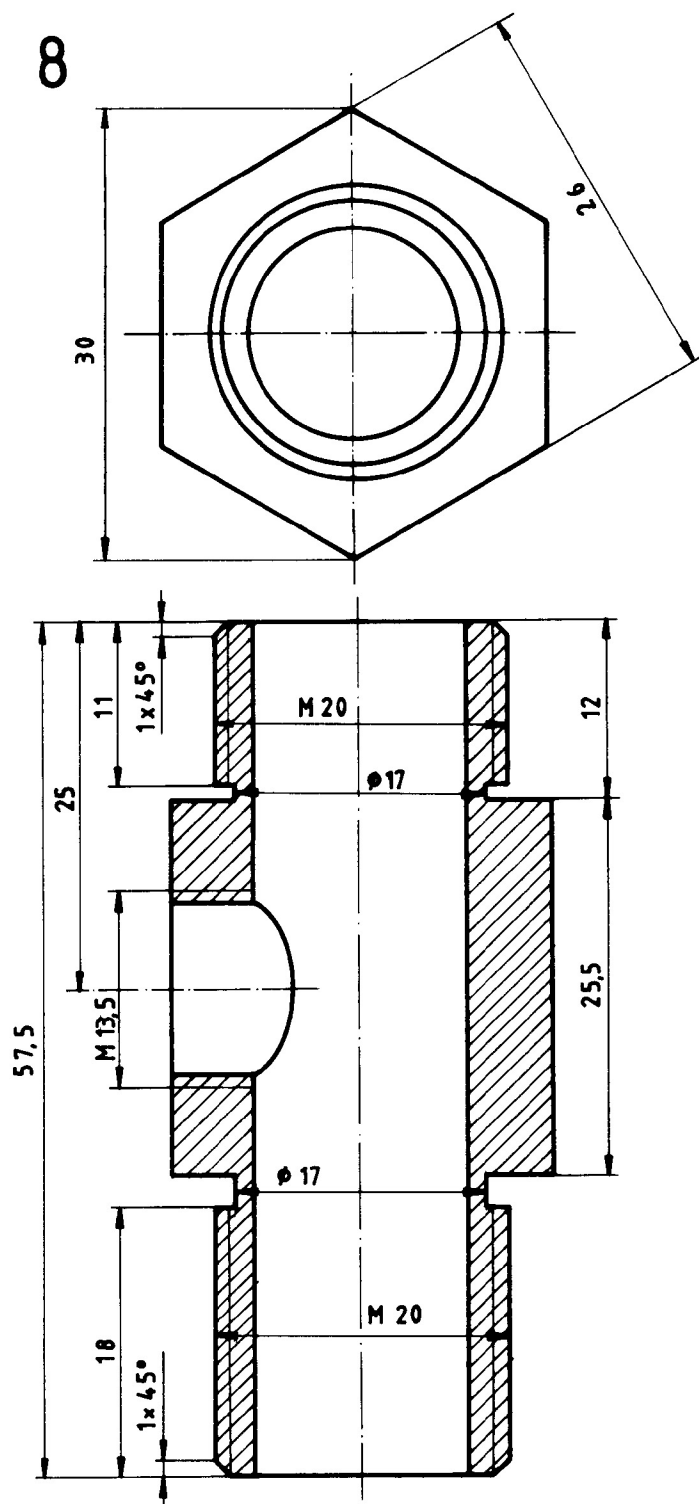
Observaciones		Título: Despiece válvula de seguridad CUERPO		Plano nº: c1.e22
				Hoja nº: 1 de 4
Escala 2:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:





Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA DE SEGURIDAD		Plano nº: c1.e22	
				Hoja nº: 2 de 4	
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA DE SEGURIDAD		Plano nº: c1.e22
				Hoja nº: 3 de 4
Escala 2:1	Un. dim. mm 		Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: Despiece válvula de seguridad MANGUITO DE CONEXIÓN		Plano nº: c1.e22
				Hoja nº: 4 de 4
Escala 2:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD ALICANTE	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.23 Desagüe fregadero

En la figura 1.23.1 se define por medio de un corte parcial el conjunto desagüe de fregadero a escala 1/1. Las piezas que lo componen se muestran en la tabla siguiente.

Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Cuerpo superior desagüe	1	Acero
1	Junta	2	Goma
1	Cuerpo inferior desagüe	3	Plástico
1	Tornillo	4	Acero
1	Arandela	5	Goma
1	Racor	6	Plástico

Para completar la definición de las piezas se debe añadir:

- El cuerpo superior del desagüe posee 8 orificios de entrada de agua.
- El cuerpo inferior del desagüe posee 4 nervios de unión entre su parte central y la periférica.
- Todas las roscas son métricas ISO.

Apartado A

Defina mediante un croquis todas y cada una de las piezas que componen el conjunto.

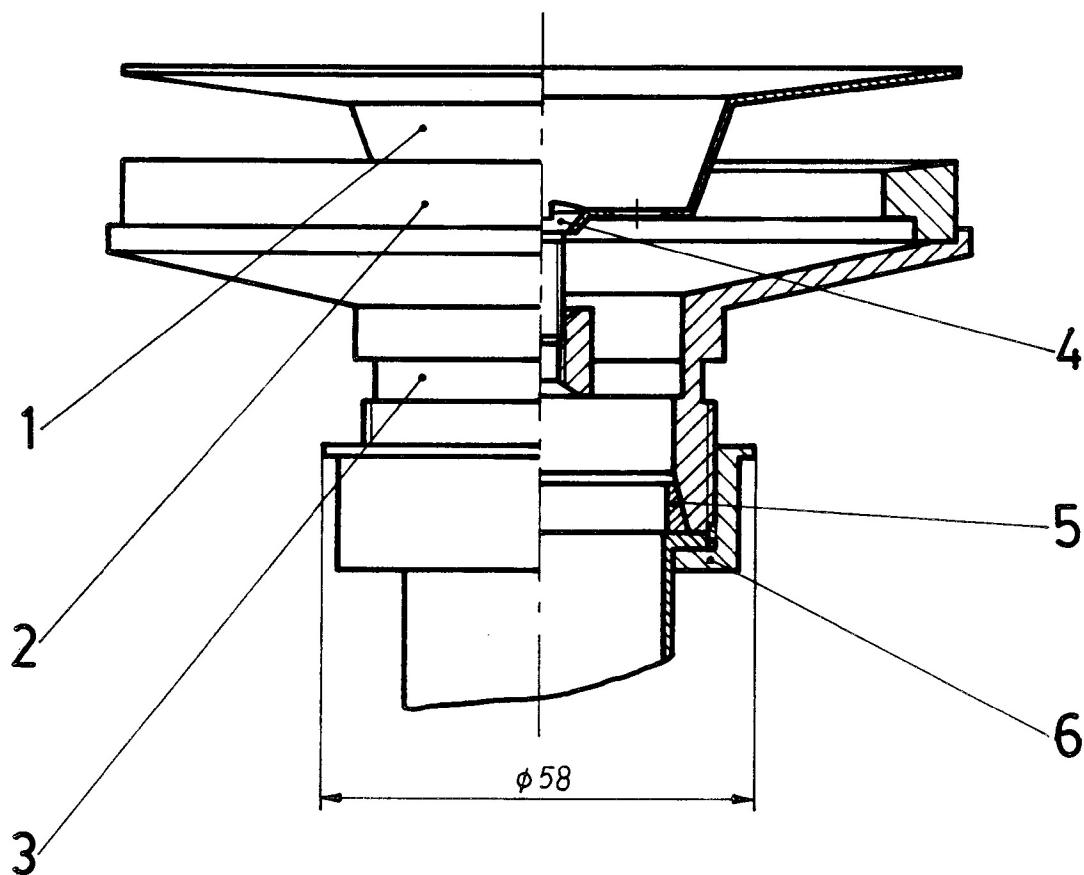
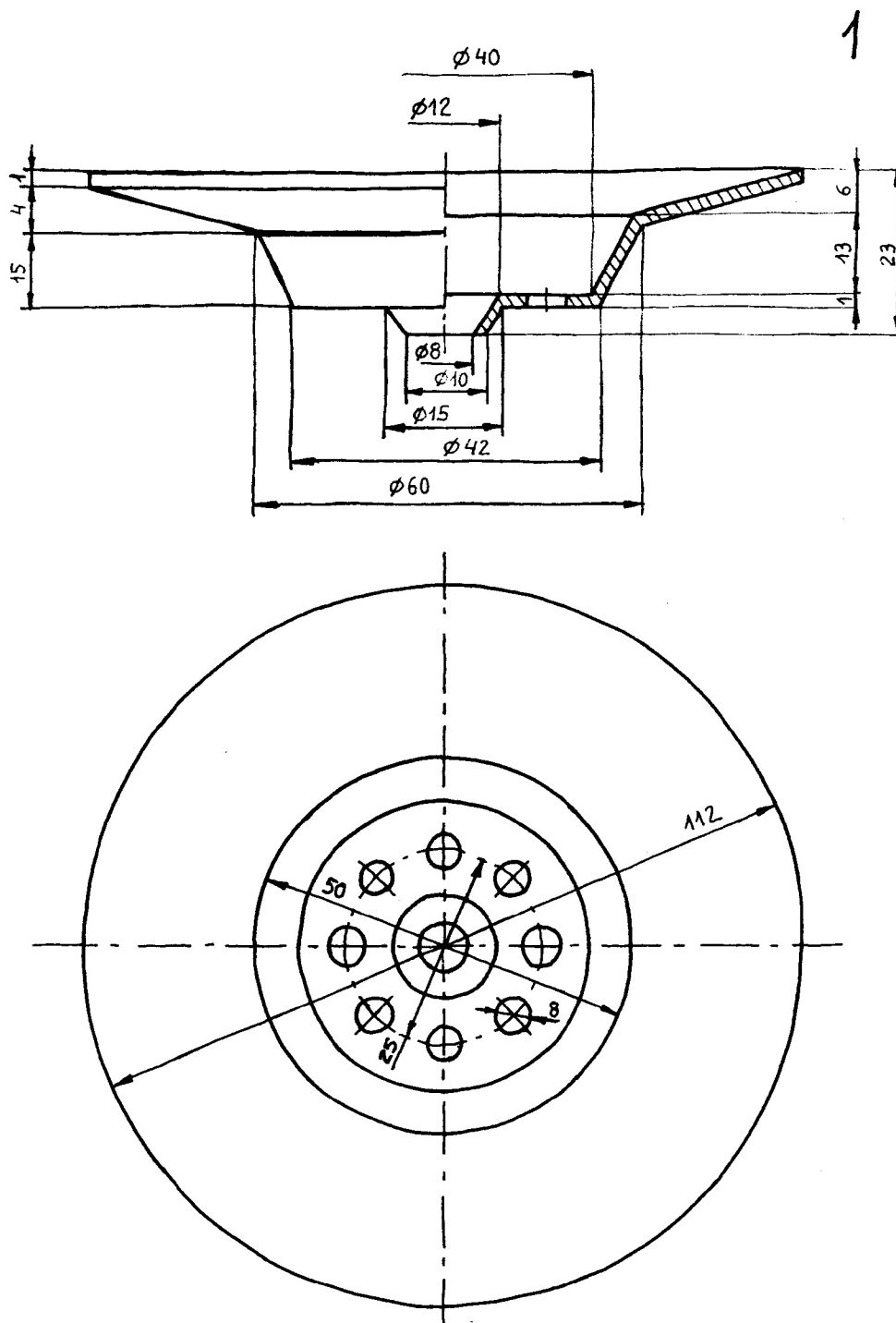


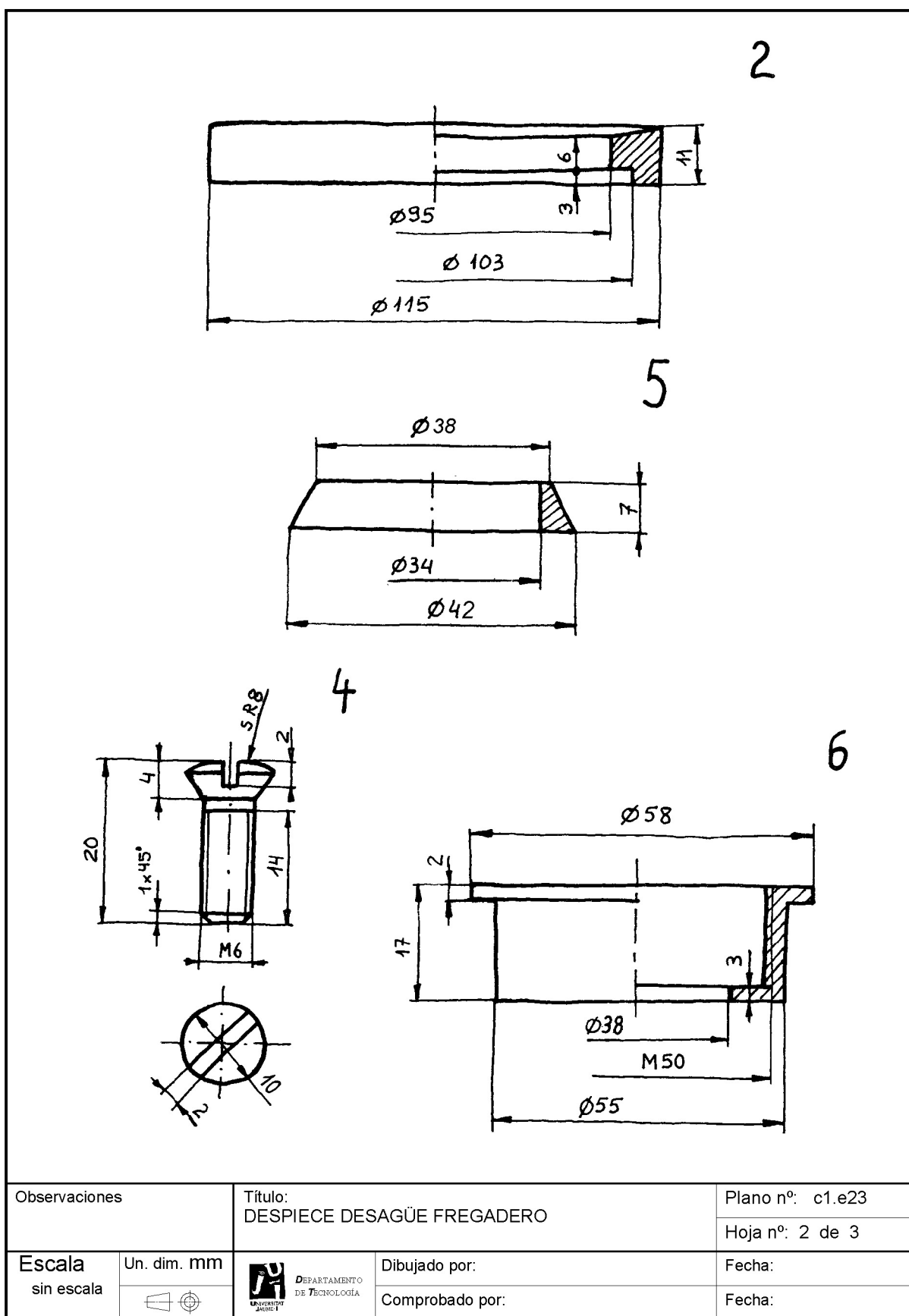


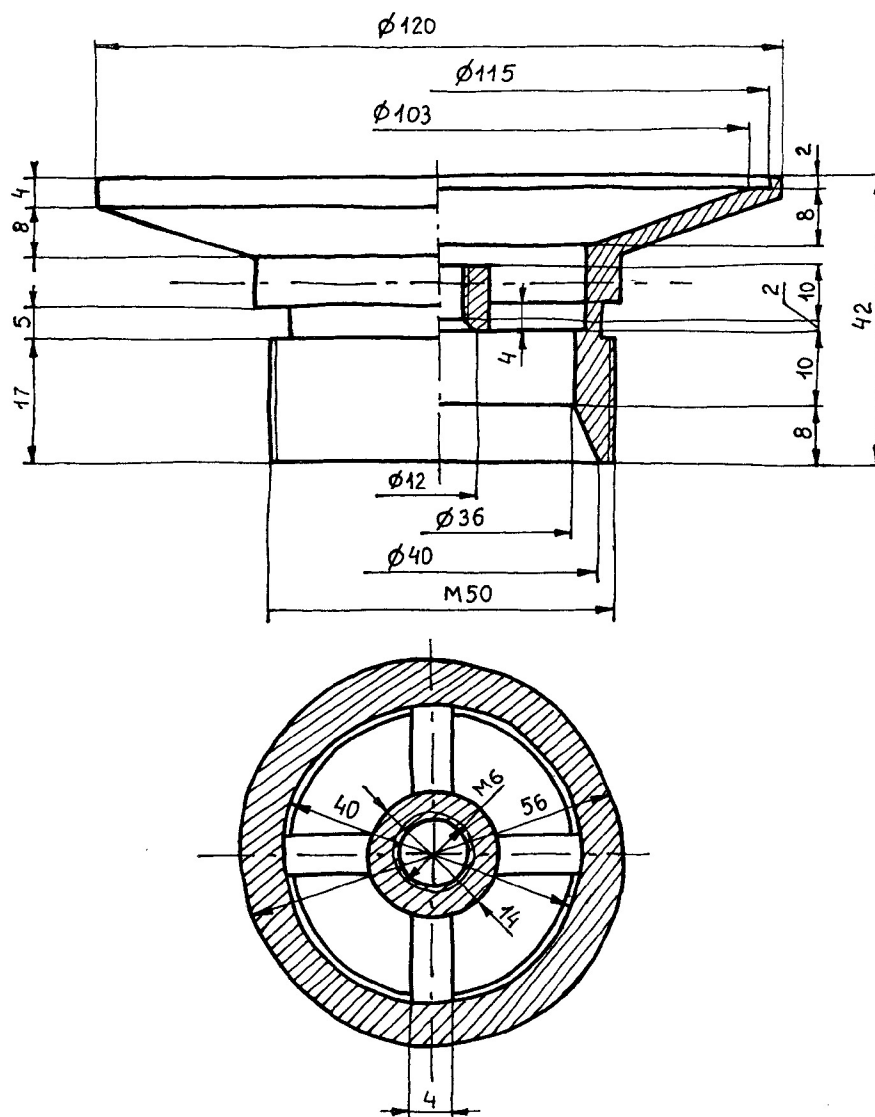
Figura 1.23.1




Observaciones		Título: Despiece desagüe fregadero CUERPO SUPERIOR DE DESAGÜE		Plano nº: c1.e23
				Hoja nº: 1 de 3
Escala sin escala	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAIME I	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



3



Observaciones		Título: Despiece desagüe fregadero CUERPO INFERIOR DESAGÜE		Plano nº: c1.e23
				Hoja nº: 3 de 3
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.24 Llave de paso recto

La figura 1.24.1 muestra el dibujo de conjunto de una llave de paso recto, a escala 1/1, mediante un alzado en corte total y una sección abatida. El listado de piezas que componen el conjunto viene dado en la siguiente tabla.

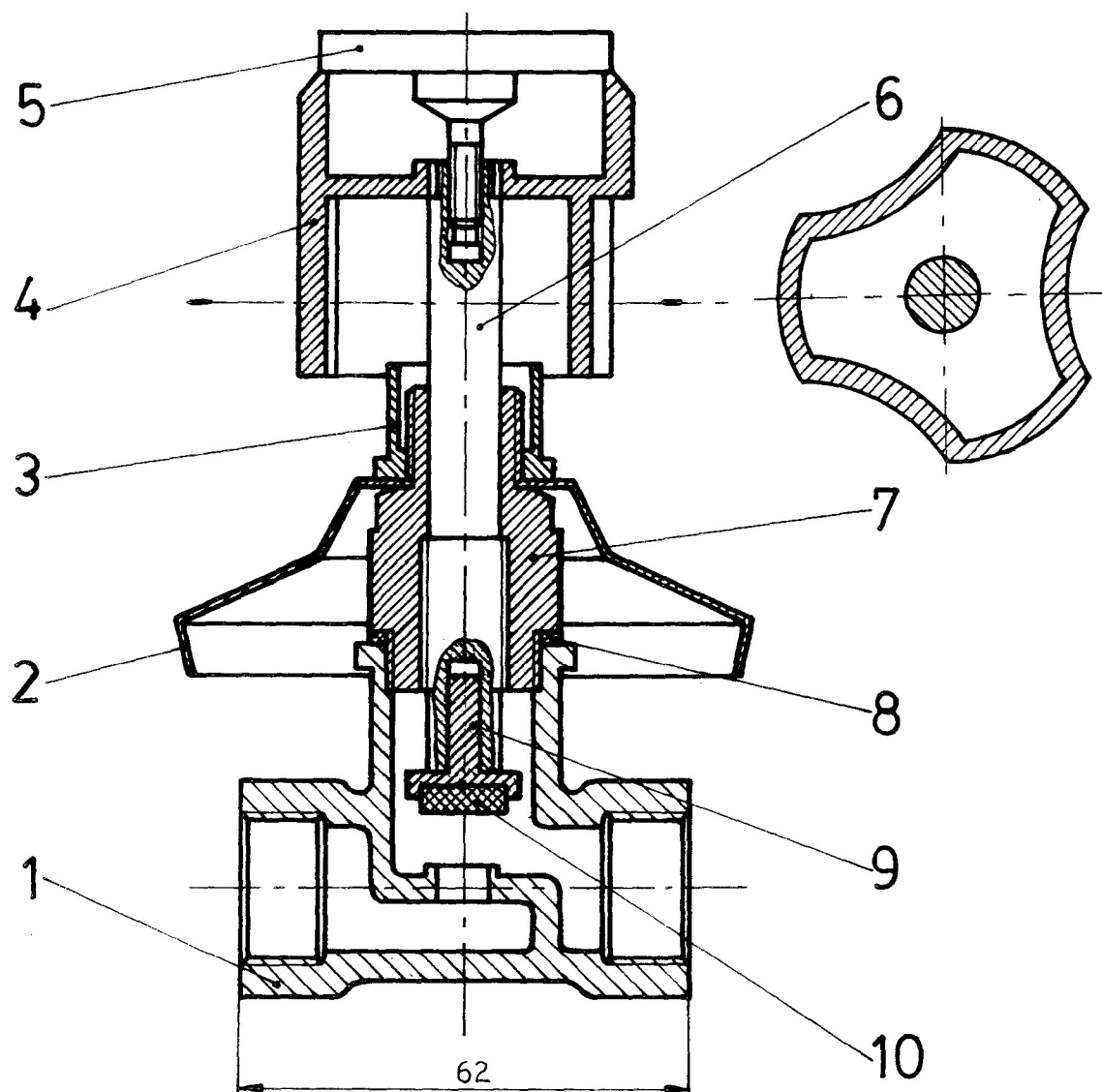
Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	T de unión	1	Bronce
1	Rosetón	2	Latón
1	Casquillo compensador	3	Latón
1	Cruceta	4	Latón
1	Cierre	5	Latón
1	Husillo	6	Bronce
1	Casquillo de centrado	7	Bronce
1	Junta	8	Goma
1	Portasoleta	9	Bronce
1	Soleta	10	Goma

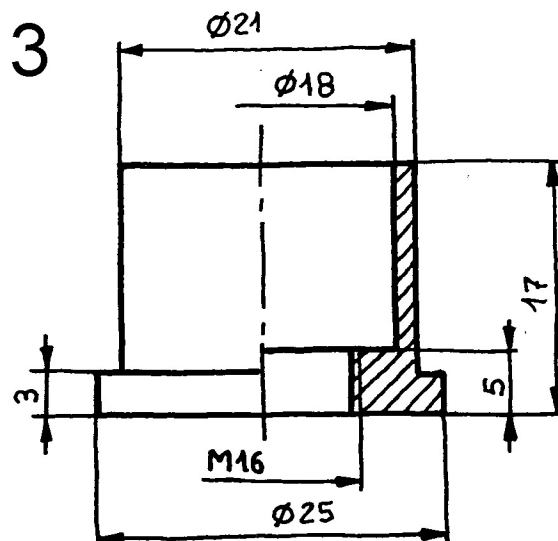
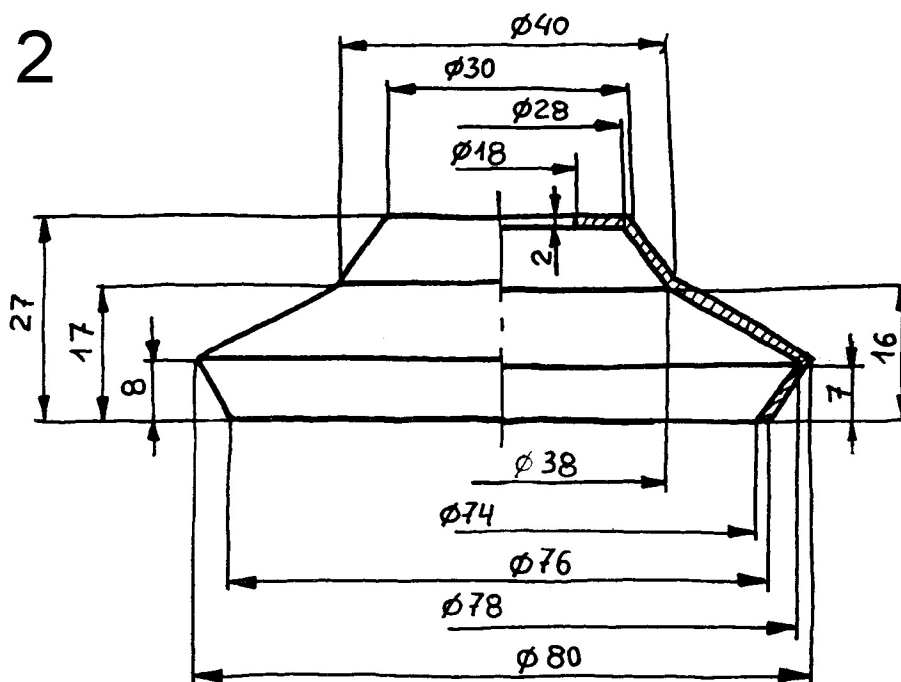
Para completar la definición de las piezas es necesario saber que:



- Todas las roscas son métricas ISO.
- Para no permitir el giro entre las piezas 4 y 6, la forma de su unión es un octógono.
- La boca de entrada y salida en la pieza 1 tienen forma hexagonal en su parte externa.
- La pieza 7 tiene también un tramo hexagonal en su exterior, de los dos no roscados el superior.

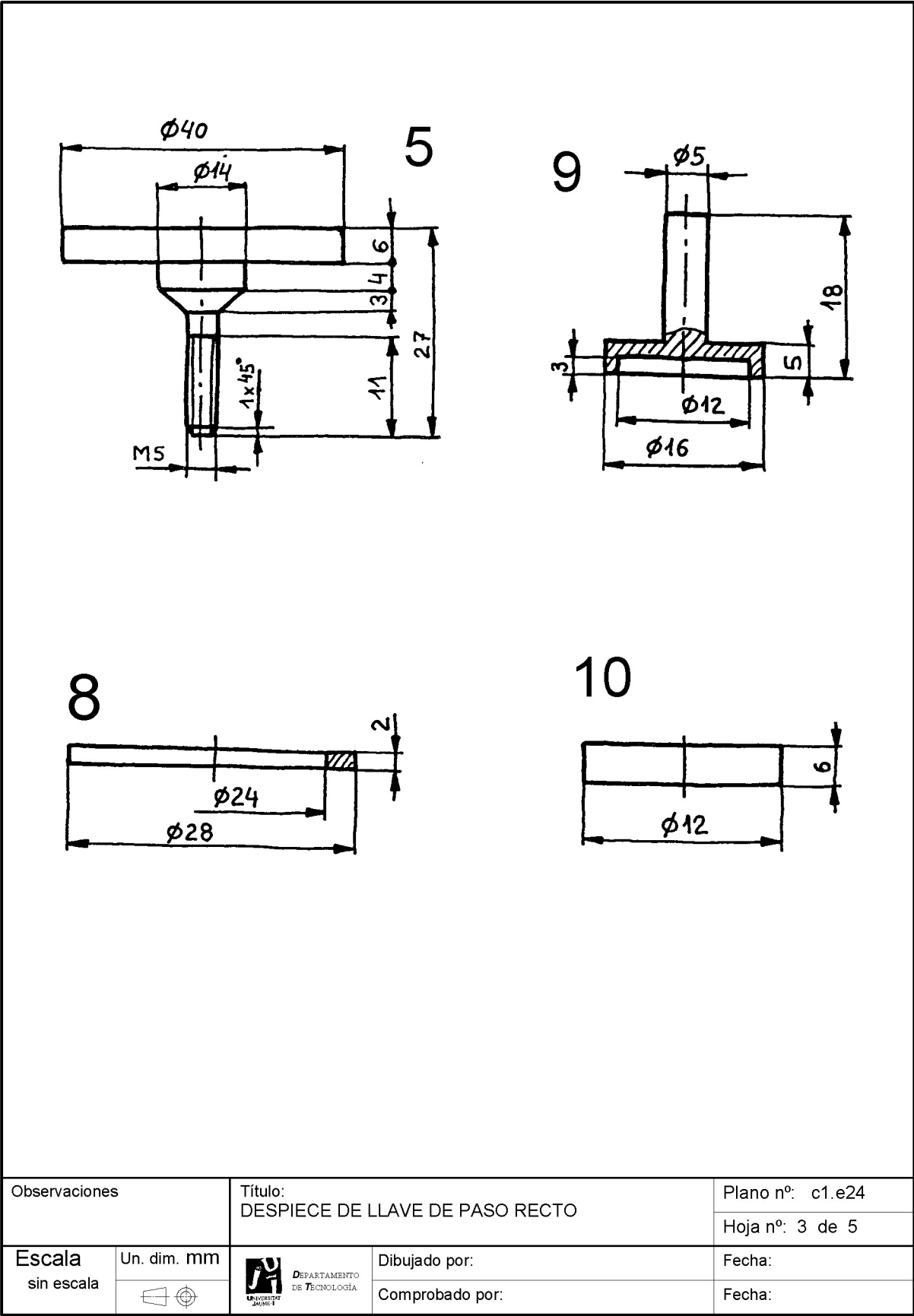
Apartado A

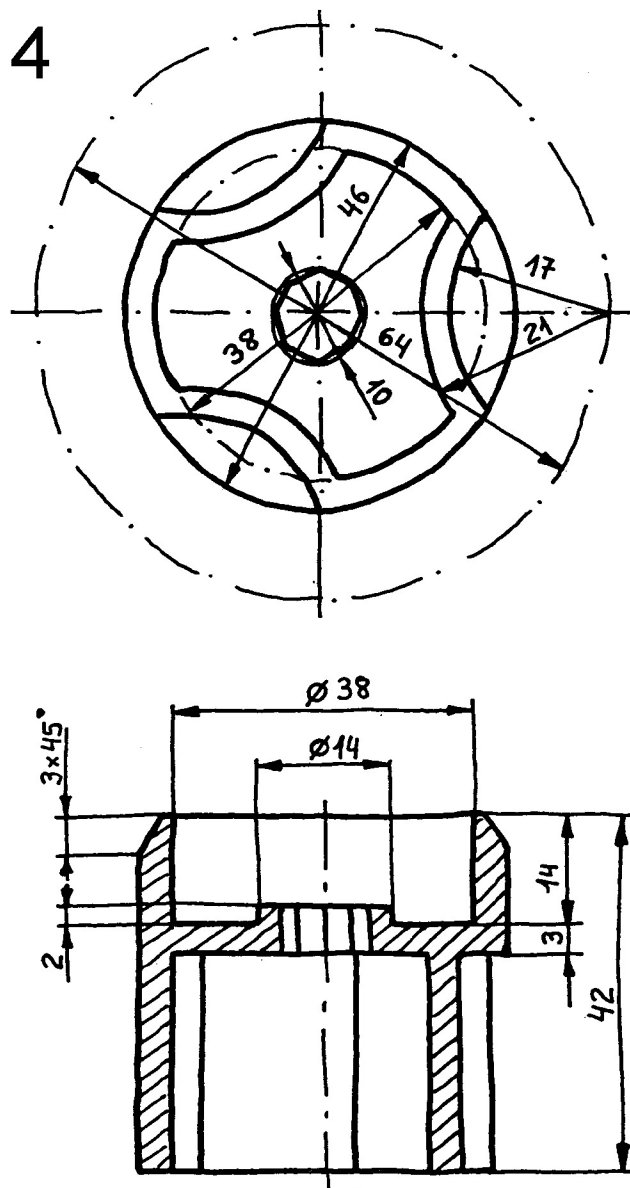
Defina mediante un croquis todas y cada una de las piezas que componen el conjunto utilizando las vistas, cortes y acotación necesarios.



*Figura 1.24.1*

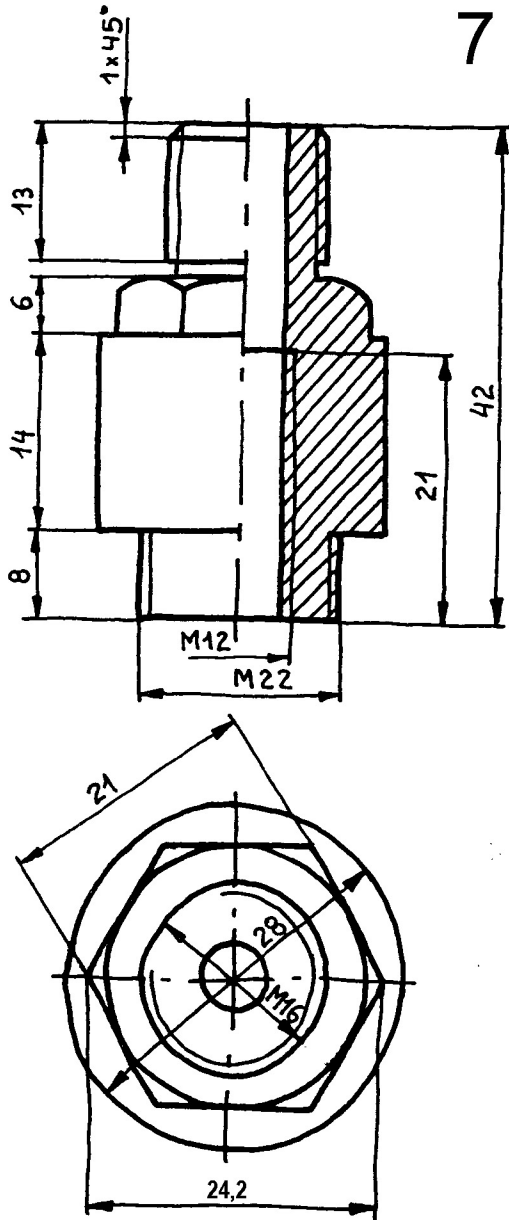
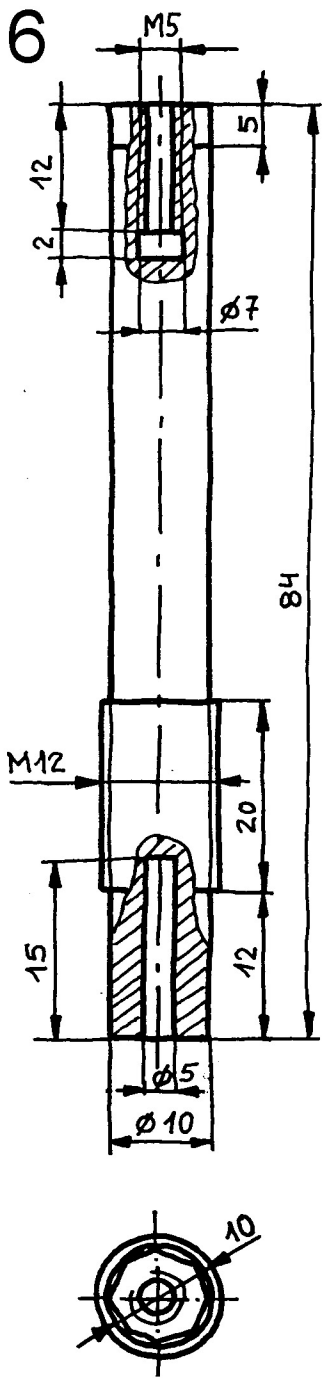




Observaciones		Título: DESPIECE DE LLAVE DE PASO RECTO		Plano nº: c1.e24	
				Hoja nº: 2 de 5	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:





Observaciones		Título: Despiece de llave de paso recto CRUCETA		Plano nº: c1.e24	
				Hoja nº: 4 de 5	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE DE LLAVE DE PASO RECTO		Plano nº: c1.e24
				Hoja nº: 5 de 5
Escala sin escala	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.25 Válvula y sifón de desagüe

En la figura 1.25.1 se muestra el dibujo de conjunto a escala 4/5 de una válvula con sifón de desagüe.

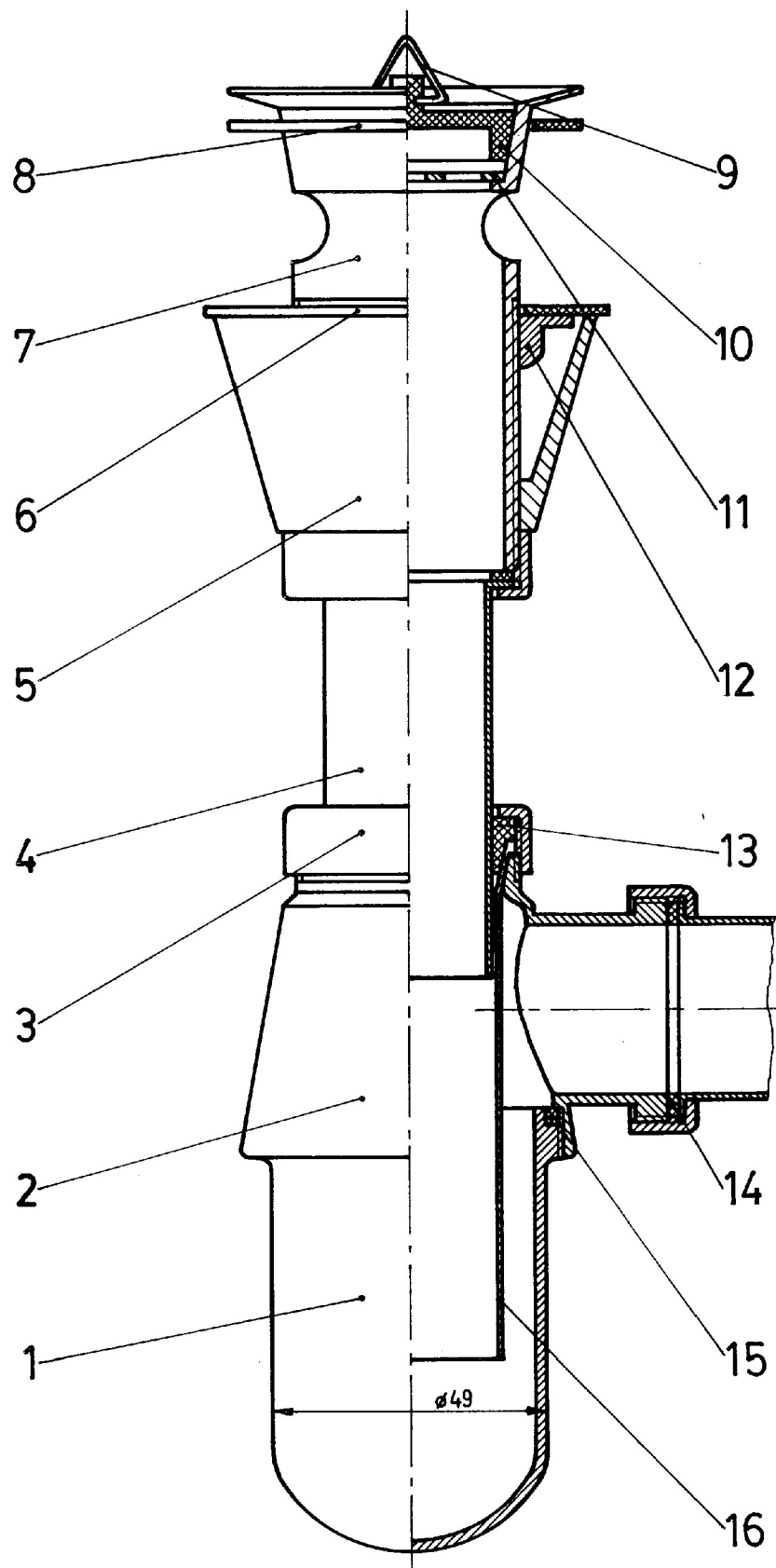
Los elementos que la componen son los de la tabla:

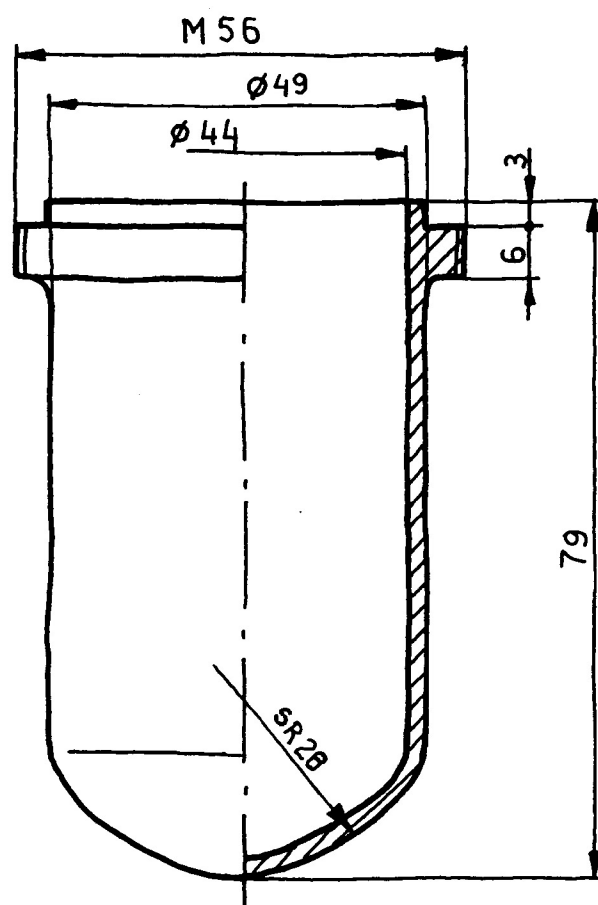
Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Cuerpo inferior de sifón	1	Latón
1	Cuerpo superior de sifón	2	Latón
3	Racor	3	Latón
1	Tubo de ajuste	4	Latón
1	Tapa	5	Latón
1	Junta	6	Goma
1	Cuerpo de válvula	7	Latón
1	Junta	8	Goma
1	Anilla	9	Latón
1	Tapón	10	Goma
1	Rejilla	11	Metacrilato
1	Tuerca	12	Latón
1	Casquillo	13	Plástico
2	Arandela	14	Goma
1	Arandela	15	Plástico
1	Tubo cierre hidráulico	16	Latón

Para completar la definición de las piezas se debe añadir que todas las roscas son métrica ISO.

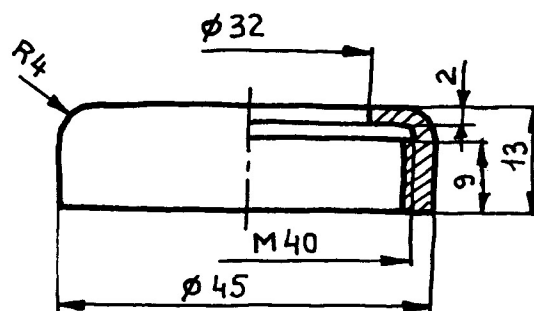
Apartado A



Defina mediante un croquis todas y cada una de las piezas que componen el conjunto.

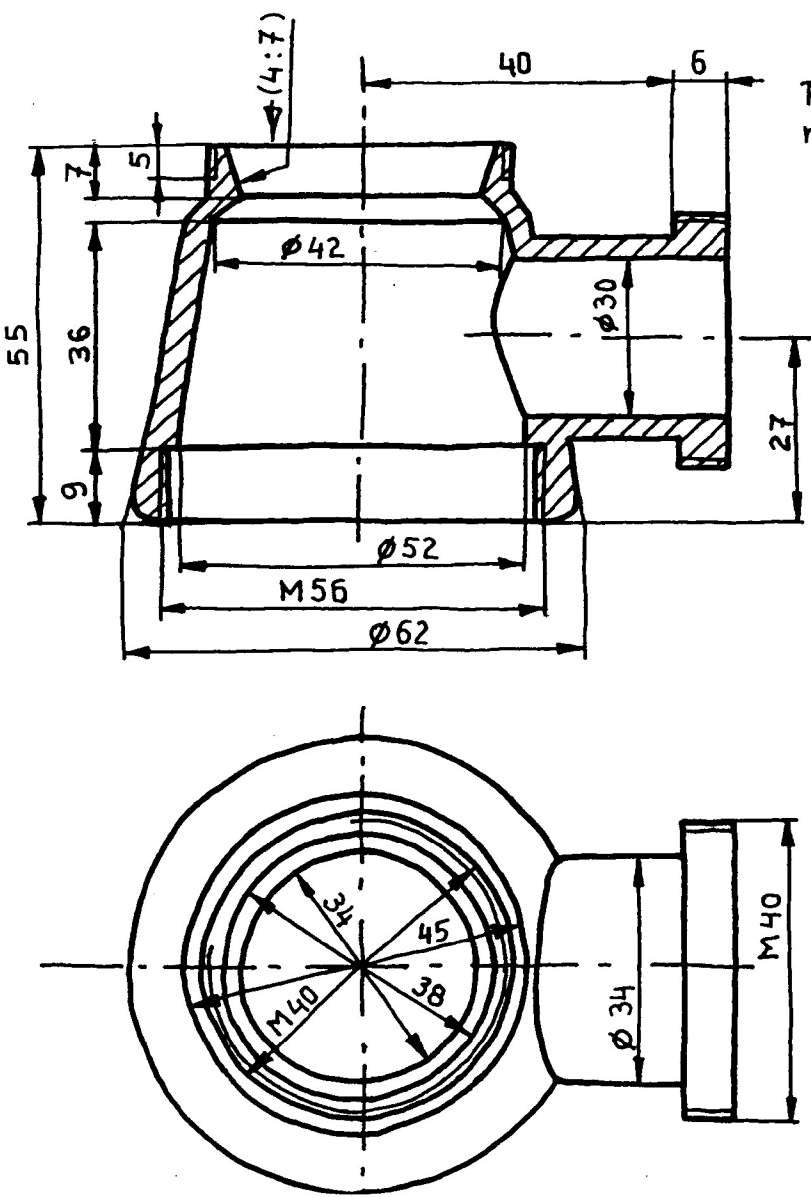
*Figura 1.25.1*





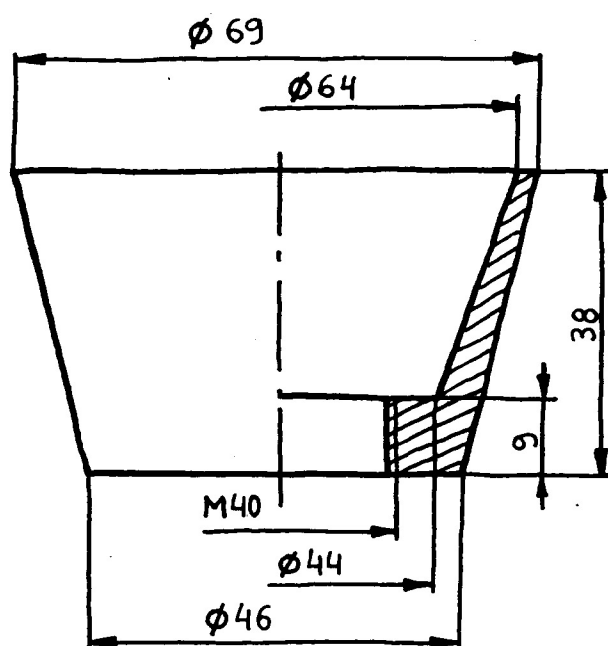
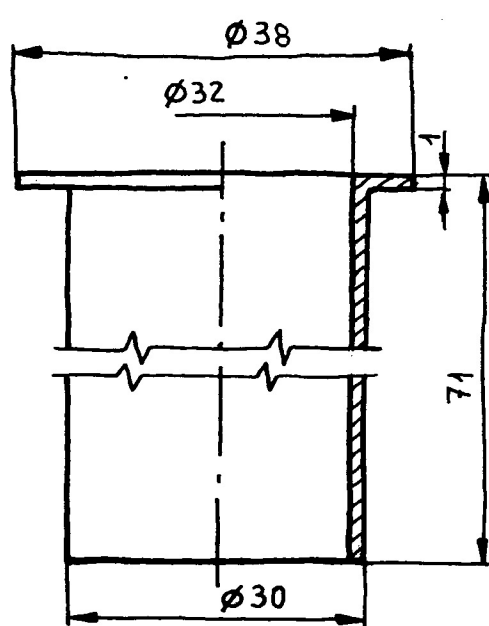
1
Radios de
redondeo = 3





Observaciones		Título: Despiece válvula y sifón regulable CUERPO INFERIOR DE SIFÓN Y RACOR		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 1 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAIME I	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	

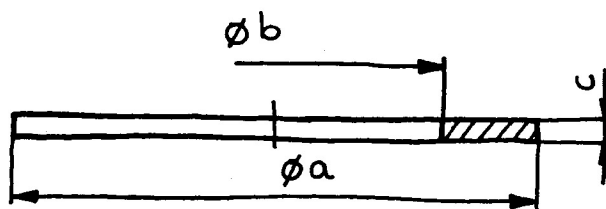


Observaciones		Título: Despiece válvula y sifón regulable CUERPO SUPERIOR DE SIFÓN		Plano nº: c1.e25
				Hoja nº: 2 de 7
Escala sin escala	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

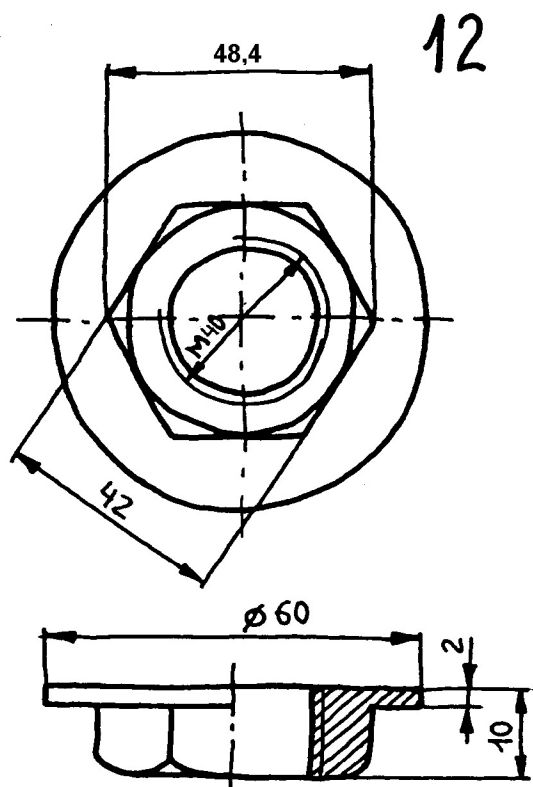
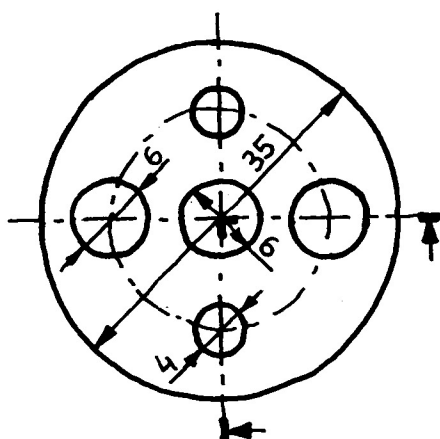
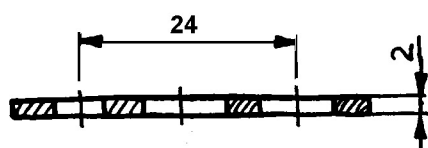




Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA Y SIFÓN REGULABLE		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 3 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

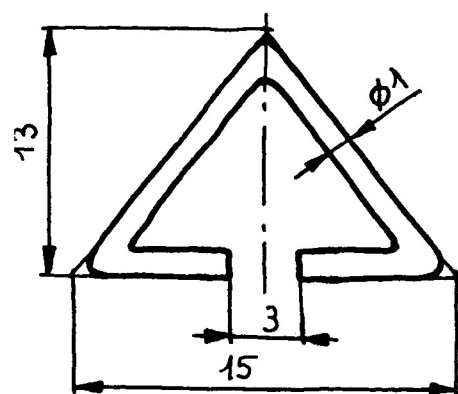
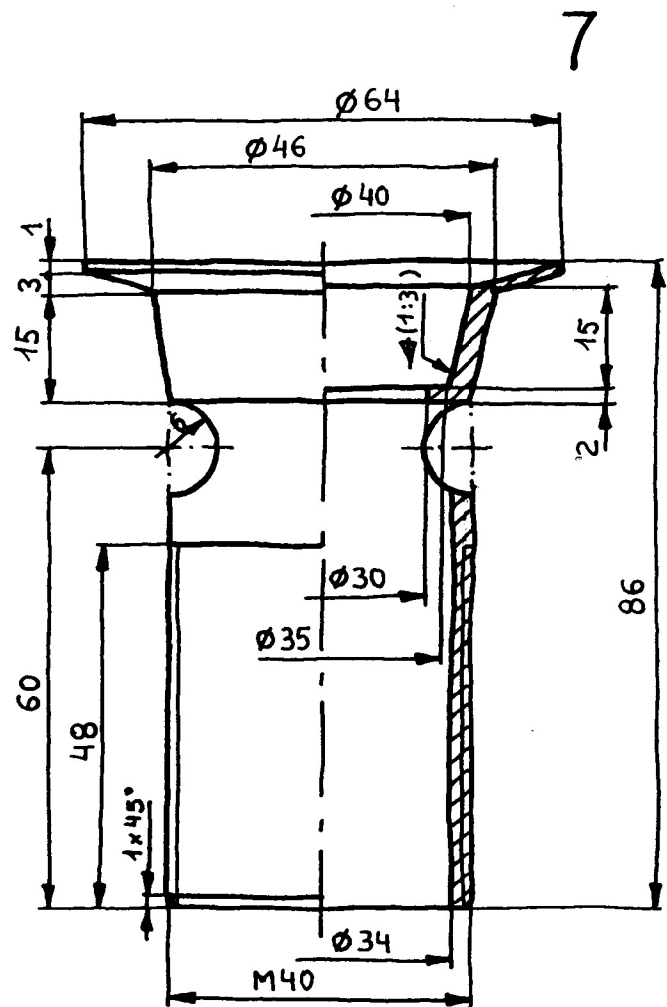
6-8-14-15





	6	8	14	15
a	72	64	38	54
b	42	45	30	49
c	2	2	2	3

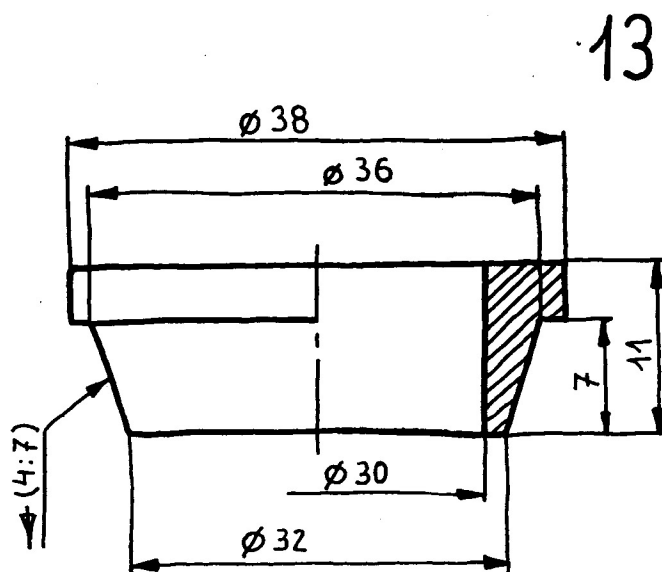
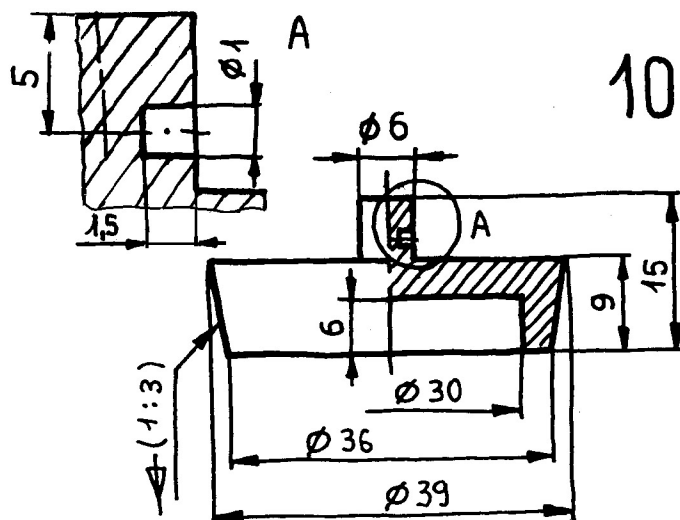




Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA Y SIFÓN REGULABLE		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 4 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:	
				Comprobado por:	
				Fecha:	

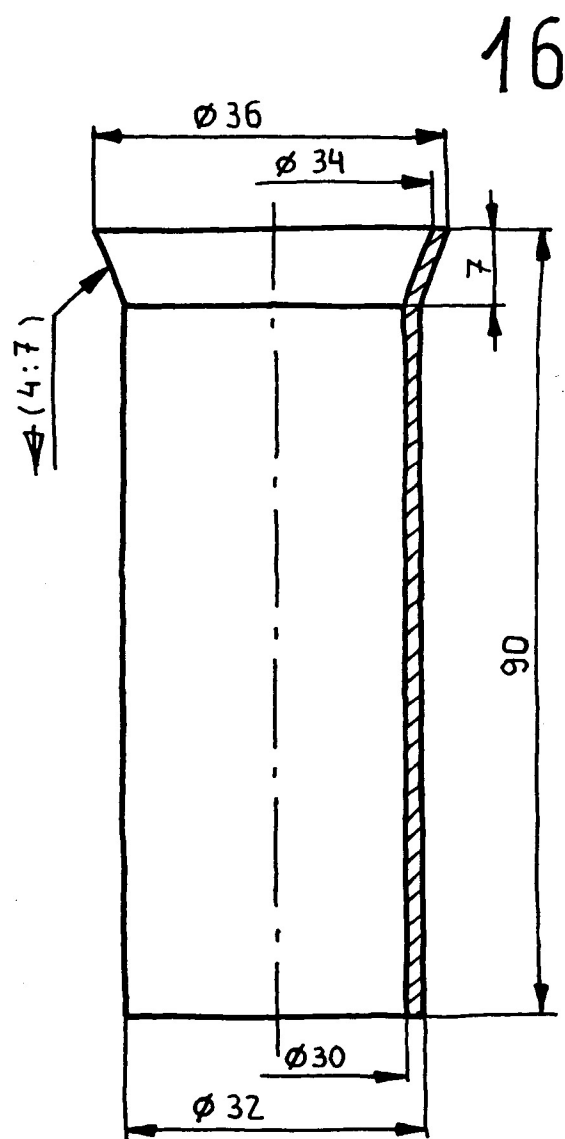




Radios de
redondeo = 2

Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA Y SIFÓN REGULABLE		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 5 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA Y SIFÓN REGULABLE		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 6 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	



Observaciones		Título: DESPIECE VÁLVULA Y SIFÓN REGULABLE		Plano nº: c1.e25	
				Hoja nº: 7 de 7	
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

Ejercicio 1.26 Boquilla de inyección

En la figura 1.26.1 se da un esquema de una boquilla desplazable de inyección de plásticos. Debe suponerse que el esquema está a escala 1/1. En el esquema se identifican todos los elementos que componen la boquilla:

1. Cabezal de boquilla
2. Resorte de compresión
3. Cuerpo de boquilla
4. Anillo de junta
5. Arandela de asiento
6. Cono de junta (o aguja)
7. Tuerca de tope

En el esquema se identifican además el elemento calefactor (8) y el cilindro de plastificación (9). Ambos se deben considerar como elementos adyacentes al conjunto boquilla.

La boquilla está representada en su posición de reposo. En ella, la punta de la aguja obstruye totalmente la boca del conducto cónico del cabezal (un pequeño tramo al final del conducto cónico es de sección circular y de diámetro igual al diámetro de la cabeza de la aguja). Cuando el cilindro de plastificación intente presionar sobre el molde, el cabezal de la boquilla se desplazará hacia la derecha (respecto al resto de la boquilla), venciendo la resistencia del resorte. La cabeza esférica de la aguja quedará alojada en el hueco esférico del cabezal (quedando ambas esferas concéntricas), liberando así el camino del flujo hacia el molde.

En la posición de reposo de la boquilla, el resorte está comprimido al 80% de su longitud en estado libre. Deben considerarse todas las roscas como métricas.

Apartado A

Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto. La determinación debe incluir acotación completa.

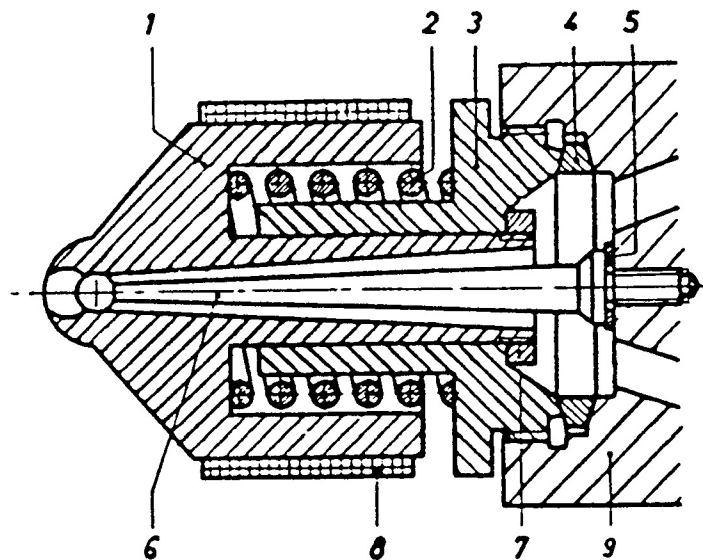
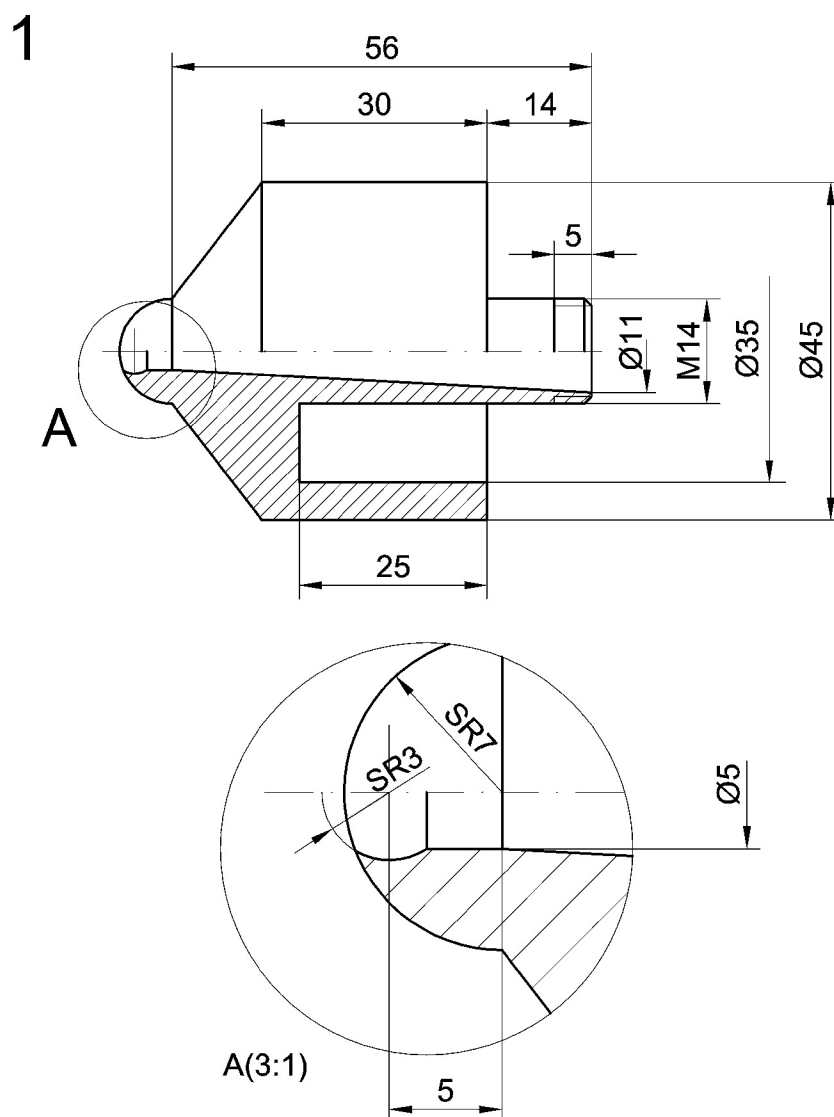

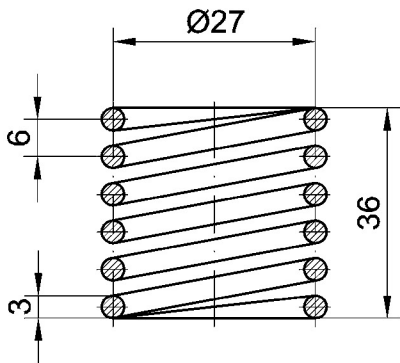


Figura 1.26.1

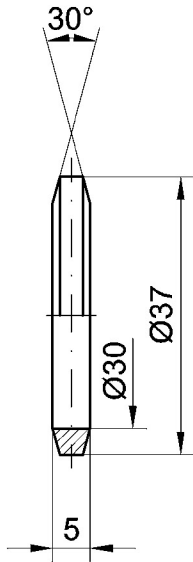


Observaciones		Título: Despiece boquilla inyección CABEZAL DE BOQUILLA		Plano nº: c1.e26
				Hoja nº: 1 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL CAUCA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

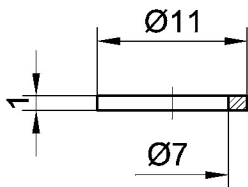
2



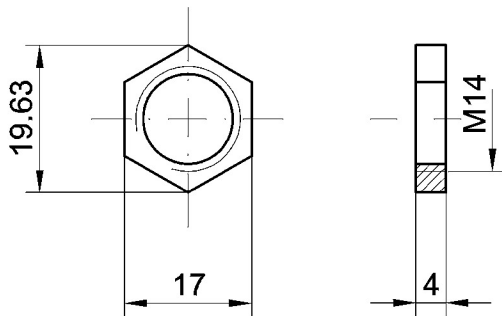
4





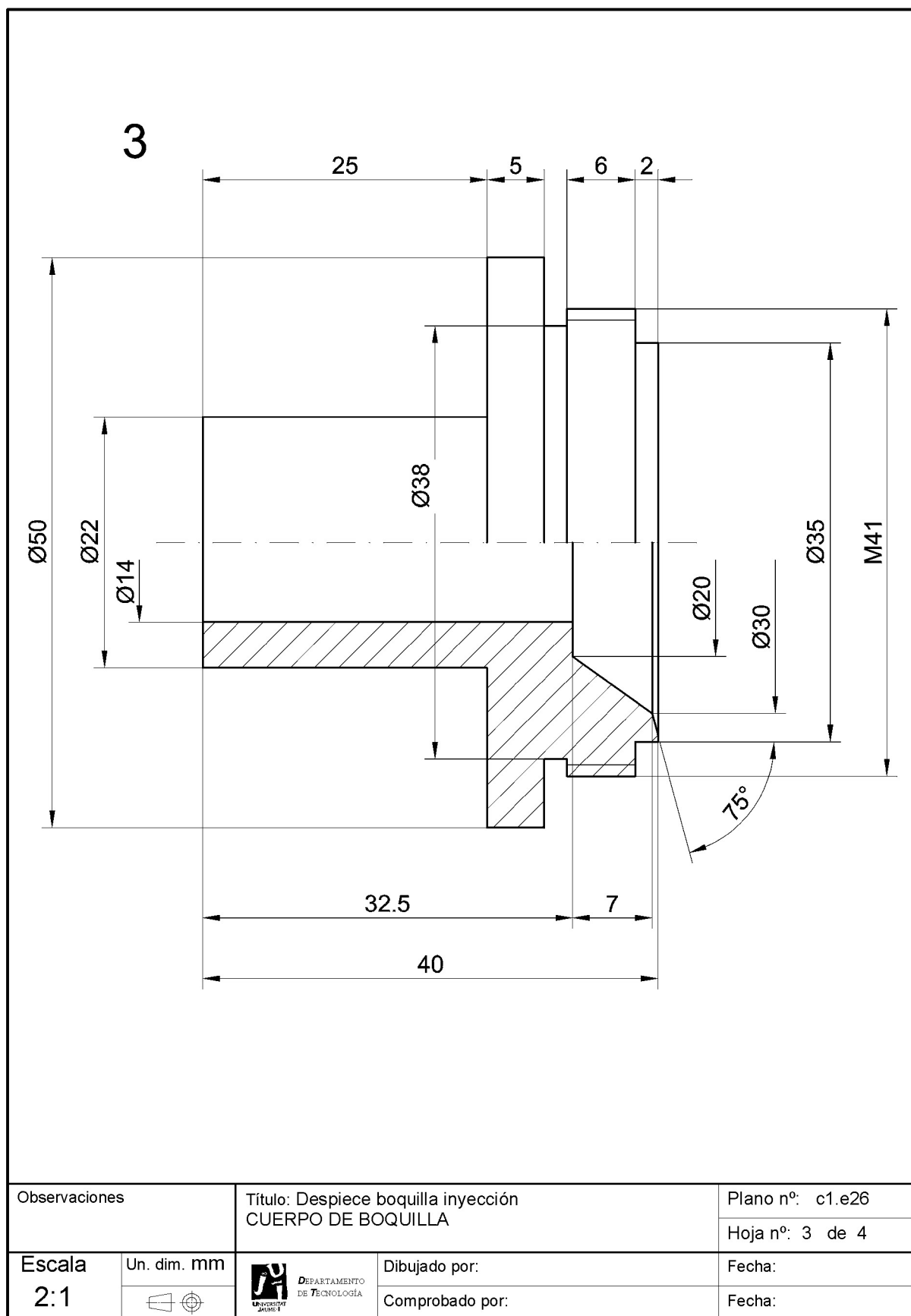
5 (2:1)



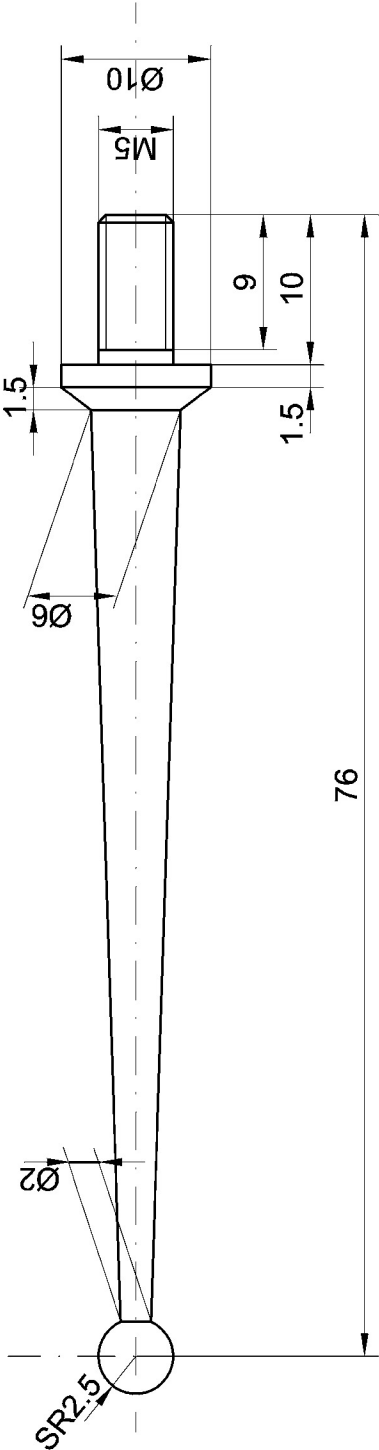
7



Observaciones		Título: DESPIECE BOQUILLA DE INYECCIÓN		Plano nº: c1.e26
				Hoja nº: 2 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm		Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



6



Observaciones		Título: Despiece boquilla inyección CONO DE JUNTA (AGUJA)		Plano nº: c1.e26	
		Un. dim. mm		Hoja nº: 4 de 4	
Escala 2:1		Dibujado por:		Fecha:	
		Comprobado por:		Fecha:	

Ejercicio 1.27 Tornillo de joyero

En la figura 1.27.1 se dan las vistas necesarias para definir el conjunto denominado «tornillo de banco de joyero», representado a escala 3/4.

El conjunto está compuesto por la siguiente lista de piezas:

Marca	Nº de piezas	Denominación	Marca	Nº de piezas	Denominación
1	1	Mordaza fija	8	1	Tornillo
2	1	Mordaza móvil	9	4	Tornillo
3	1	Tornillo	10	2	Tope
4	1	Eje basculante	11	1	Palanca
5	1	Rótula	12	2	Mordaza
6	1	Anillo de fijación	13	1	Anillo
7	1	Soporte	14	1	Pasador

Apartado A

Defina las piezas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del conjunto. La definición debe hacerse con criterio de economía de vistas y cortes, y acotación completa.

Apartado B

Indique mediante su correspondiente acotación todas las roscas del conjunto, sabiendo que para las piezas marca 2 y 3 se trata de una rosca trapecial, de paso 1.5 mm y que el resto de elementos roscados del conjunto utilizan rosca métrica de paso normal y una entrada.

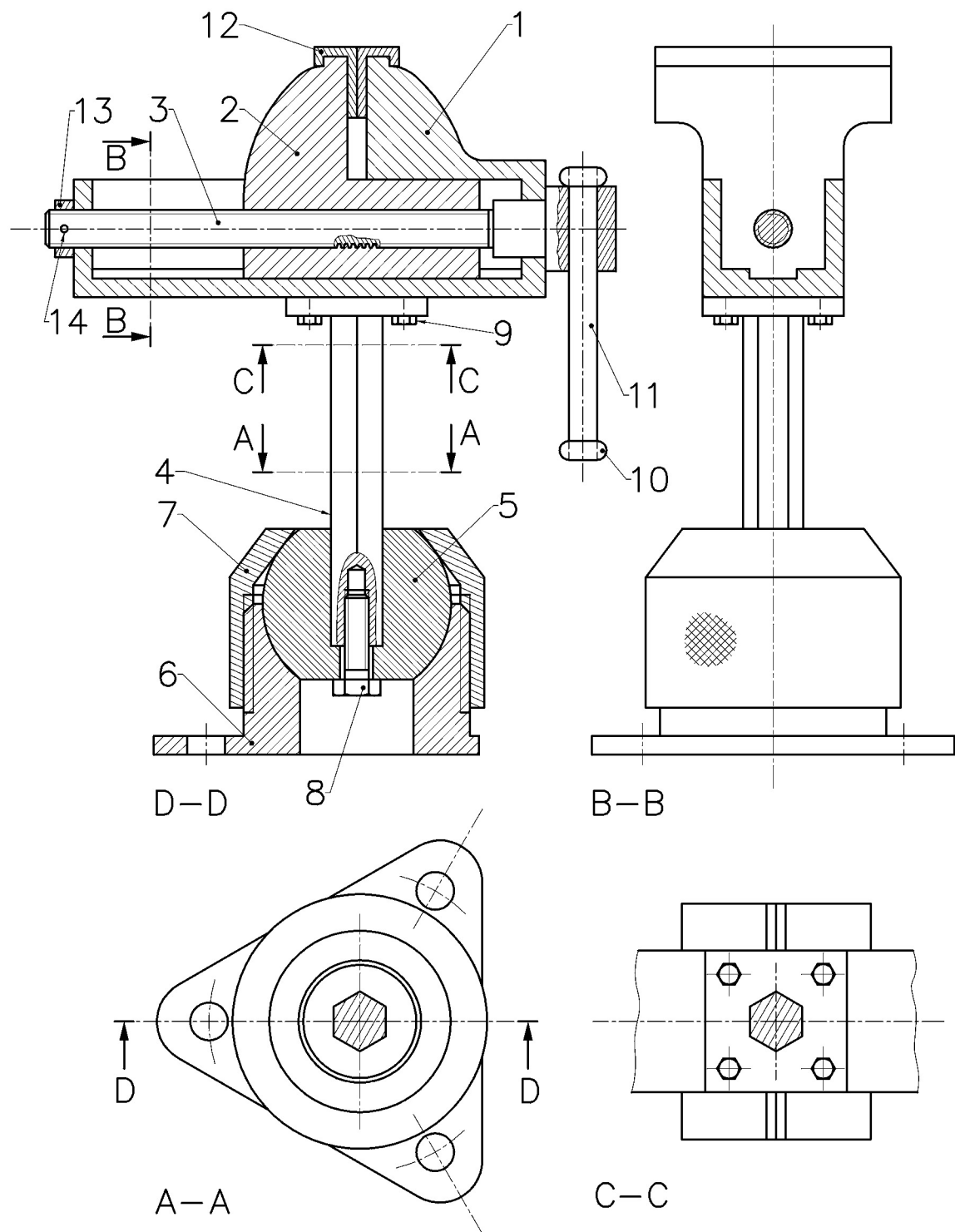
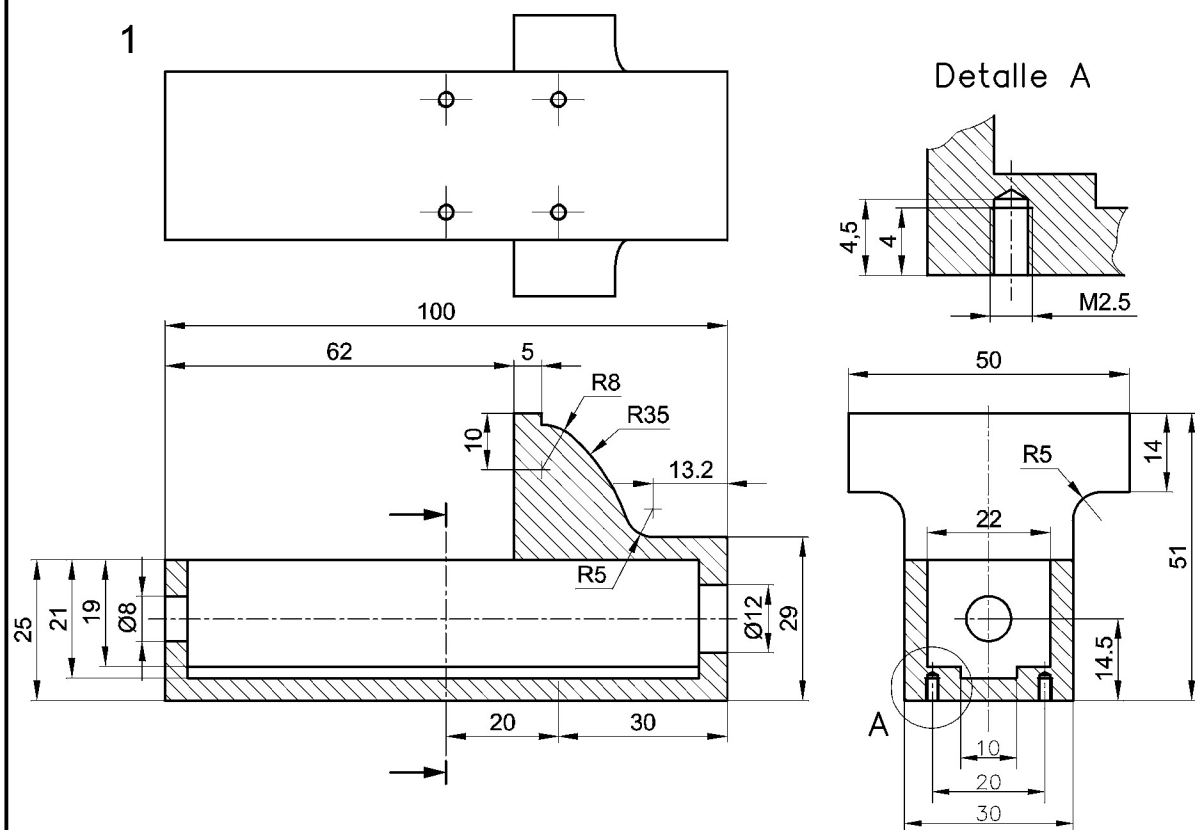


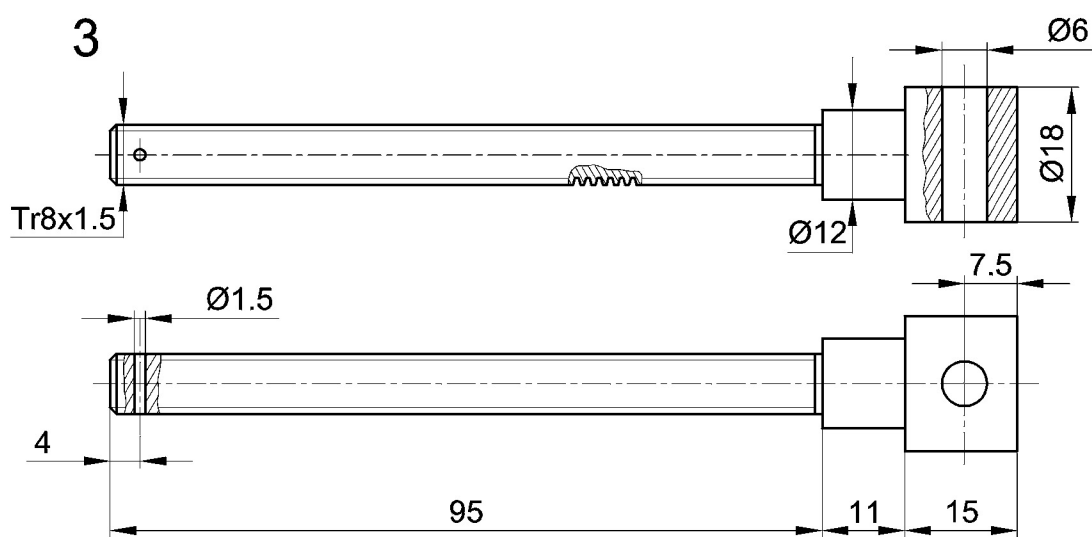
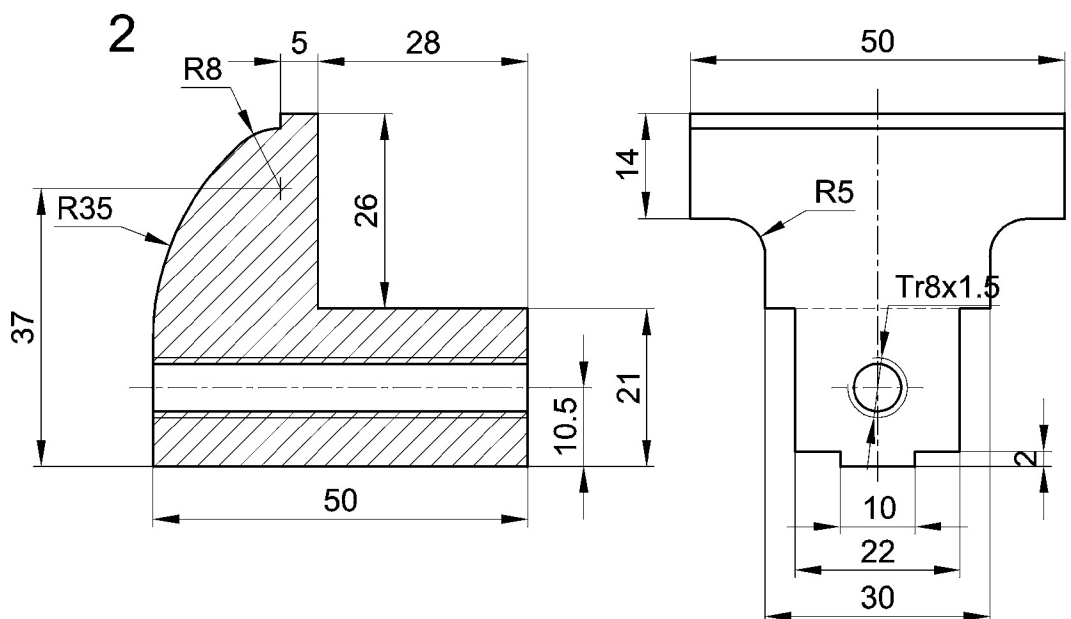




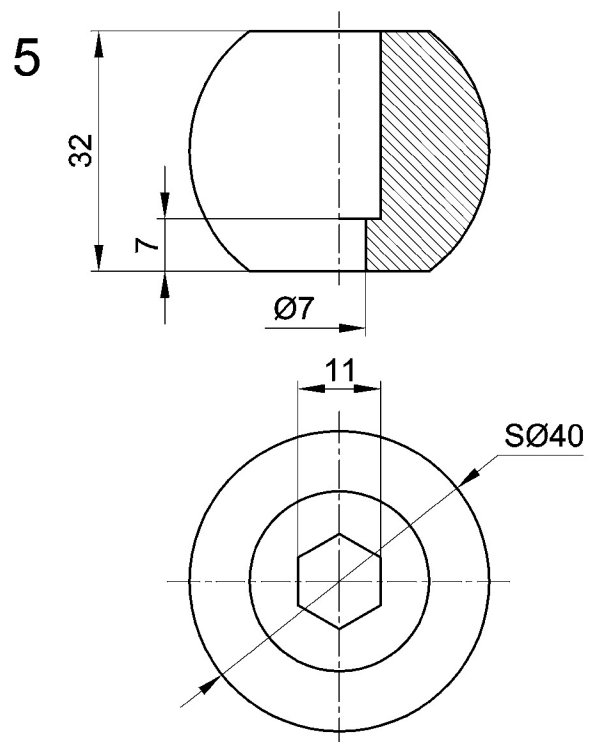
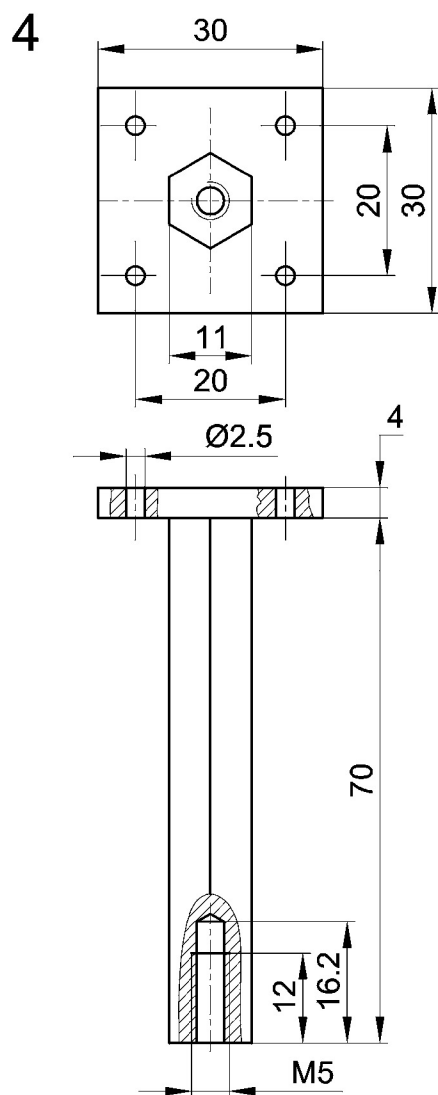
Figura 1.27.1



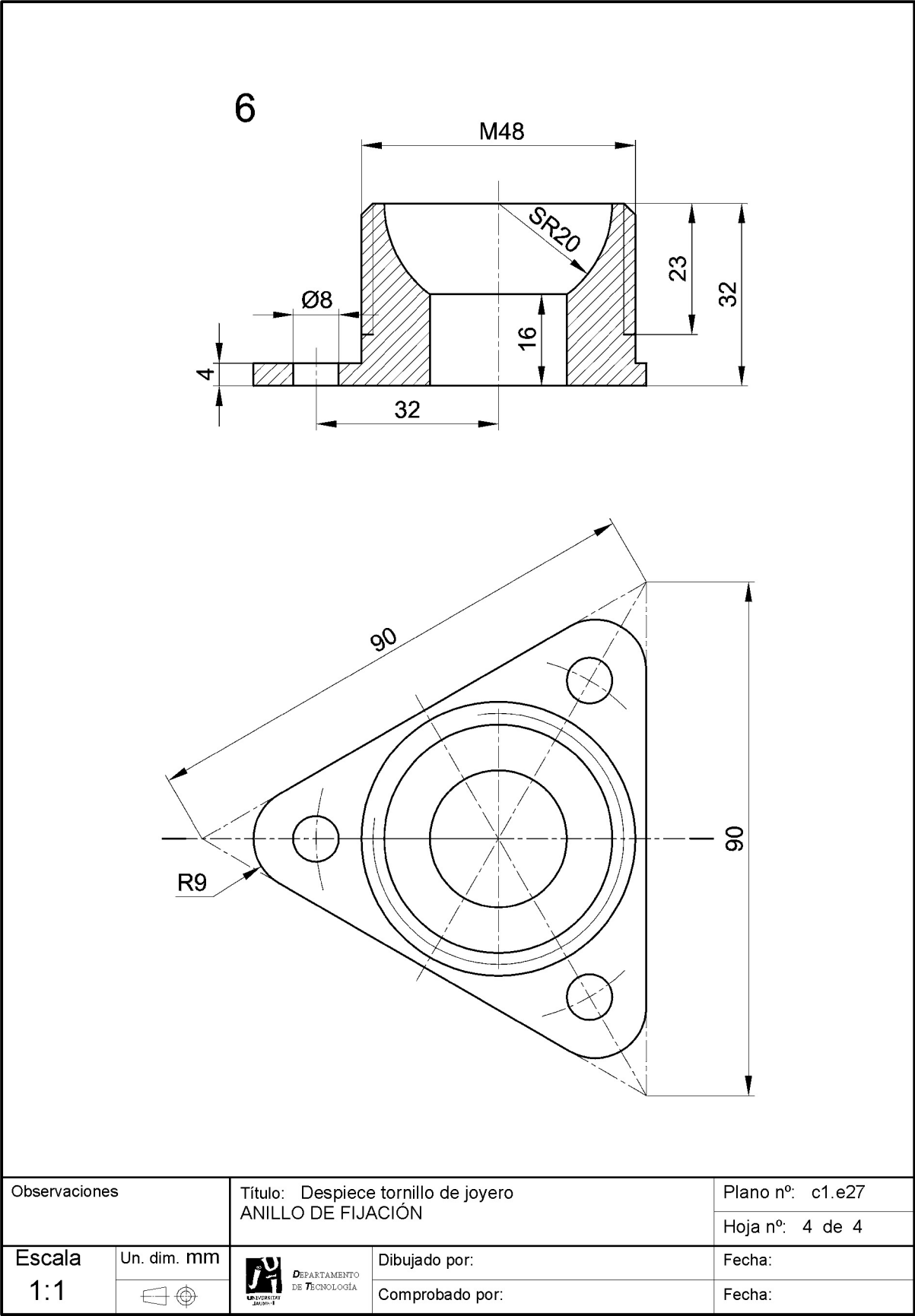
Observaciones		Título: Despiece tornillo de joyero MORDAZA FIJA		Plano nº: c1.e27
				Hoja nº: 1 de 4
Escala 3:4	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE TORNILLO DE JOYERO		Plano nº: c1.e27
				Hoja nº: 2 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: Despiece tornillo de joyero	Plano nº: c1.e27	
			Hoja nº: 3 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm 	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



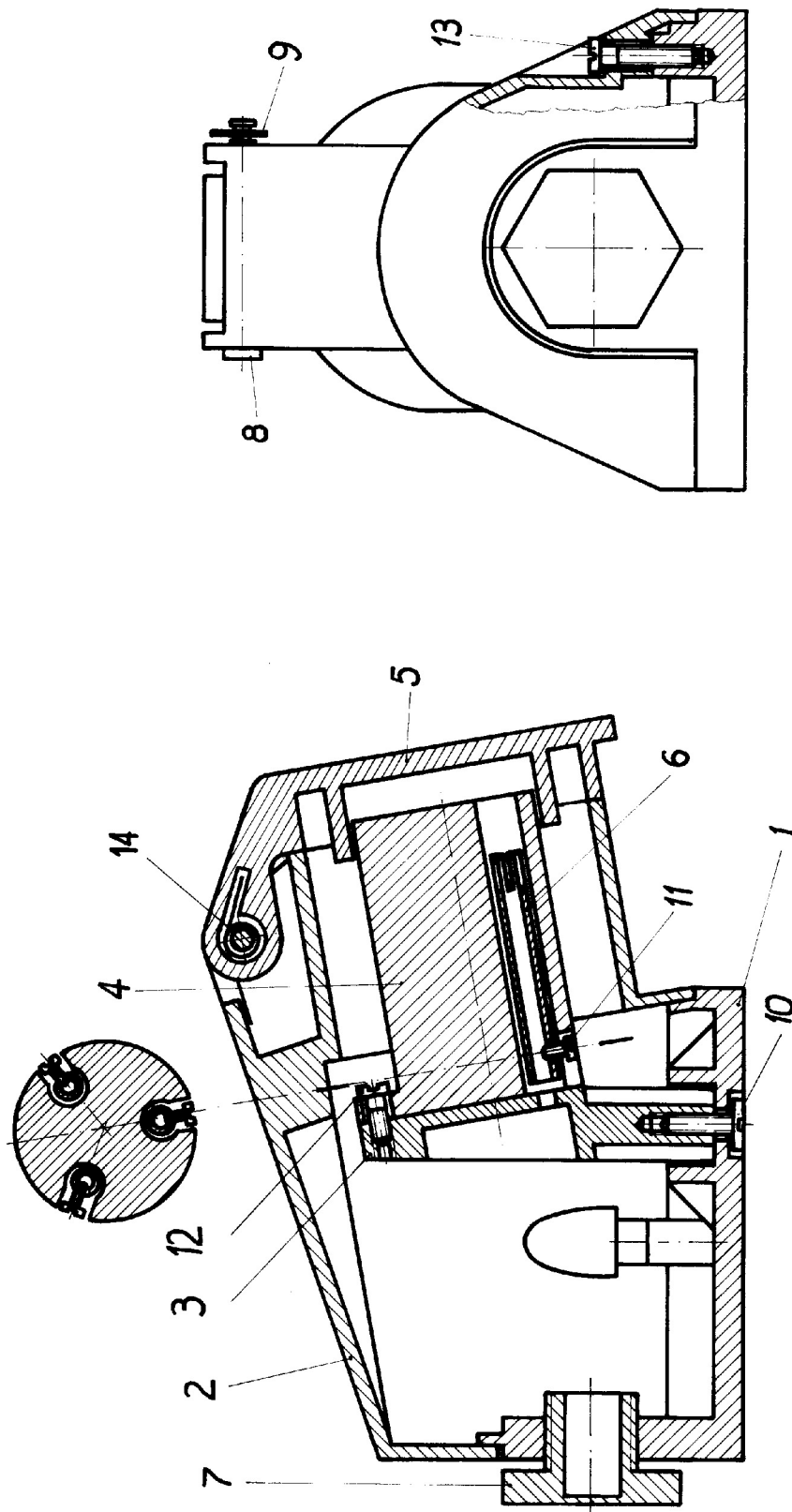
Ejercicio 1.28 Toma de corriente trifásica de superficie estanca

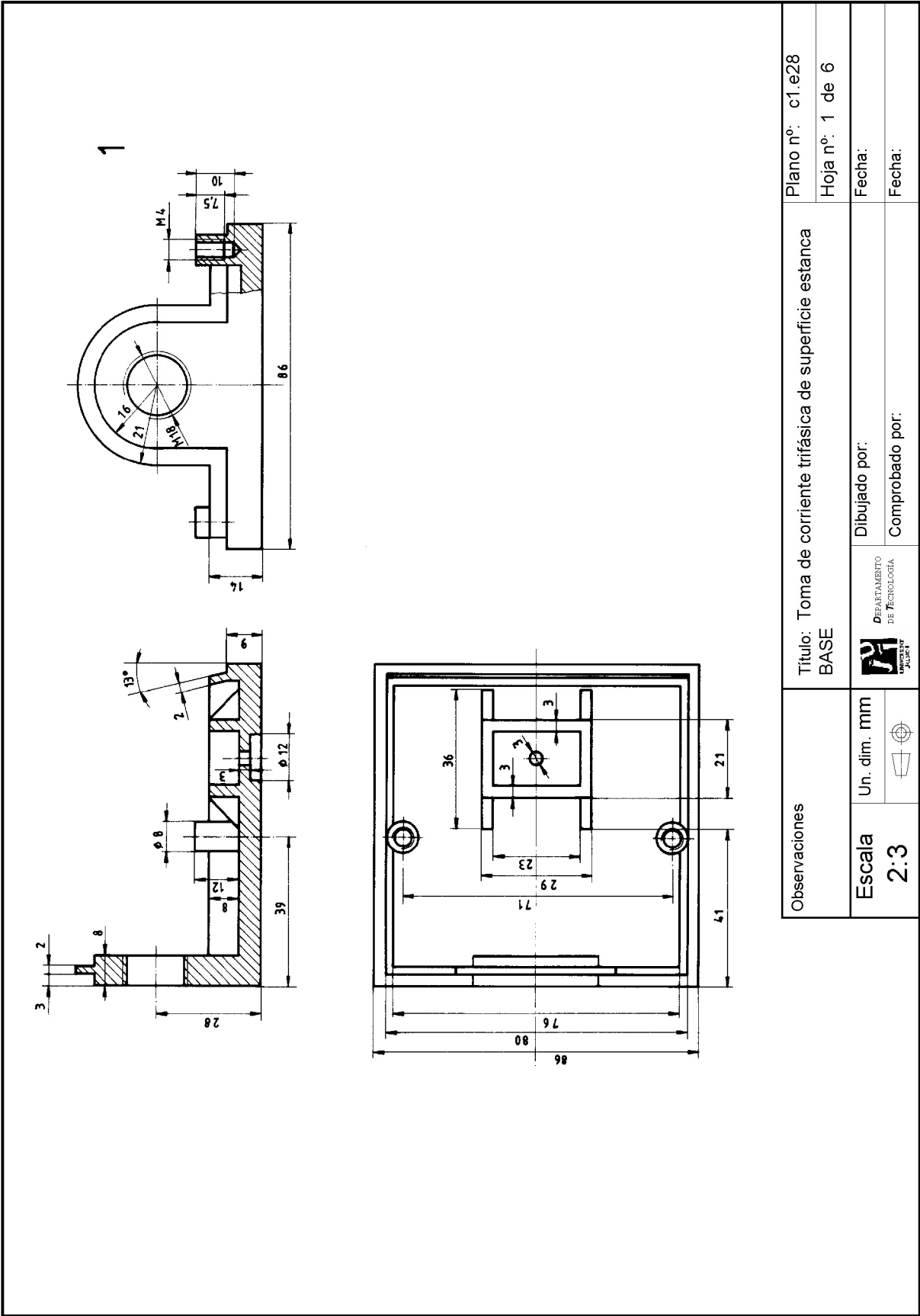
La figura 1.28.1 muestra el dibujo de conjunto de una toma de corriente trifásica de superficie estanca a escala 4/5. El número y denominación de las piezas que componen el conjunto se muestran en la tabla siguiente.

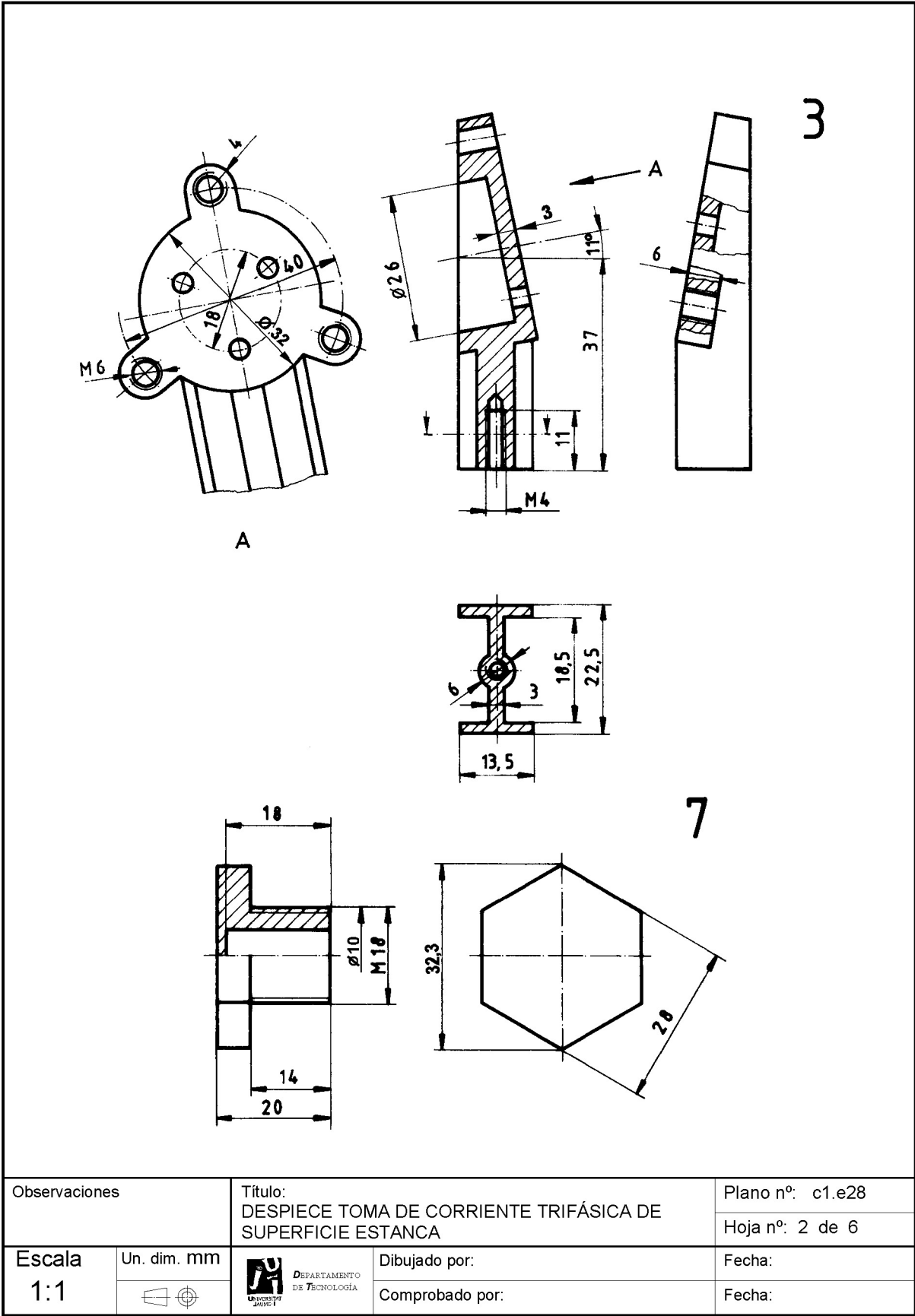
Nº piezas	Denominación	Marca	Material
1	Base	1	PVC
1	Carcasa	2	PVC
1	Soporte	3	Nylon
1	Portabornes	4	Porcelana
1	Tapa	5	Baquelita
3	Borne	6	Cobre
1	Tapón	7	PVC
1	Pasador	8	Acero
1	Arandela de presión	9	Acero
1	Tornillo unión soporte	10	Acero
4	Tornillo apriete cable	11	Acero
3	Tornillo unión portabornes	12	Acero
2	Tornillo fijación carcasa	13	Acero
1	Muelle de cierre	14	Acero



Apartado A

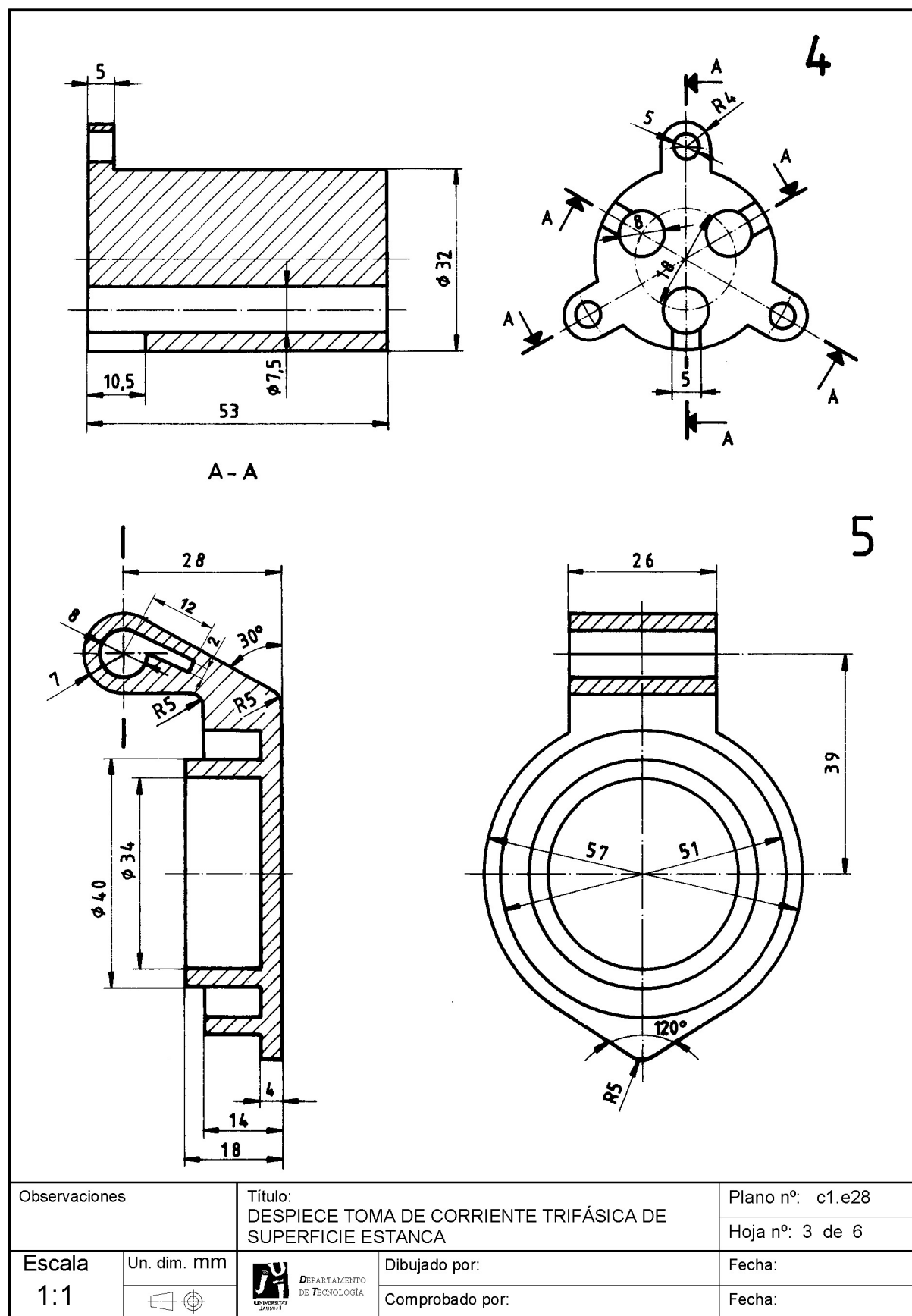
Defina todas y cada una de las piezas que componen el conjunto a excepción de la carcasa marca 2 utilizando las vistas, cortes y acotación necesarios.

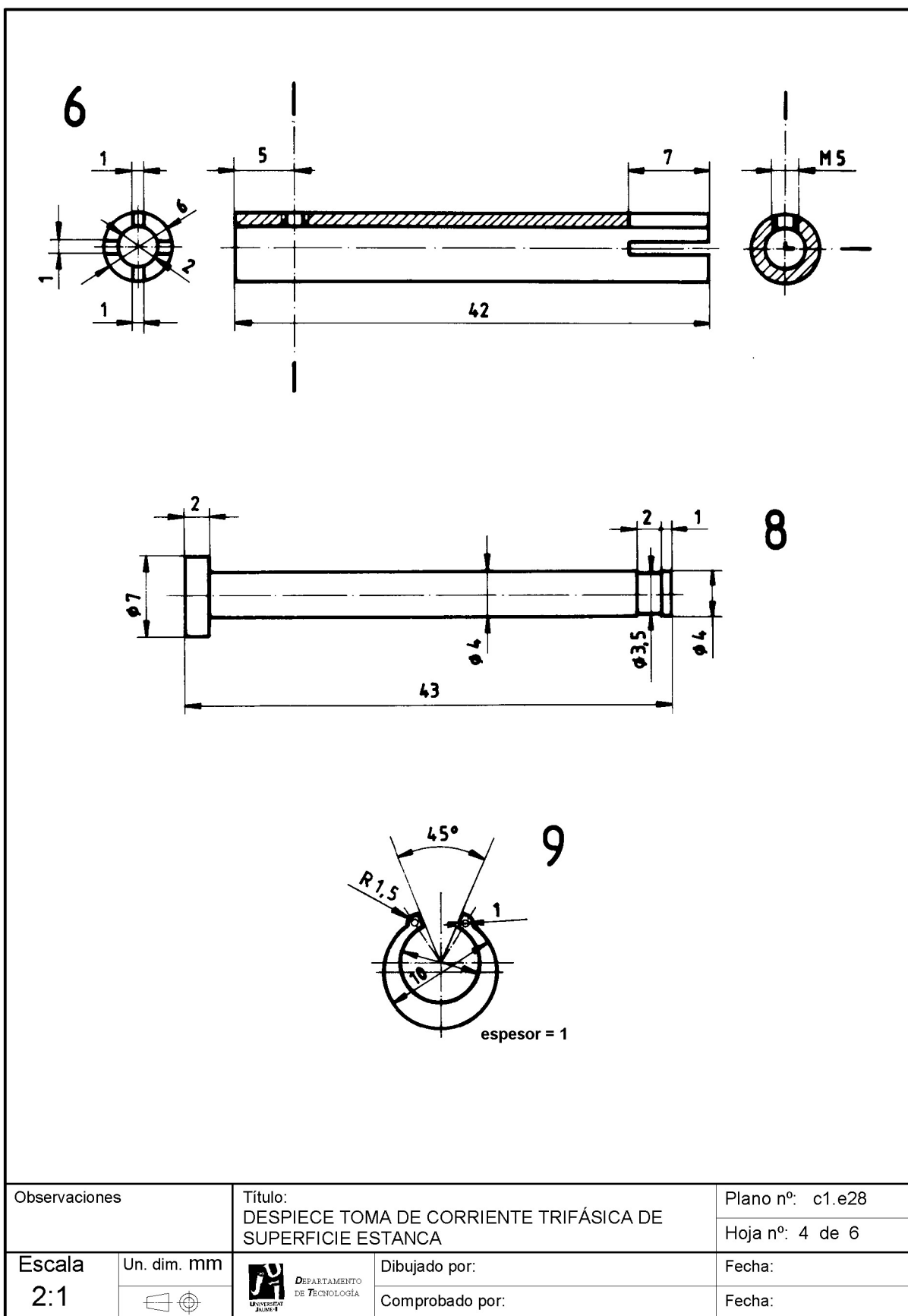
*Figura 1.28.1*

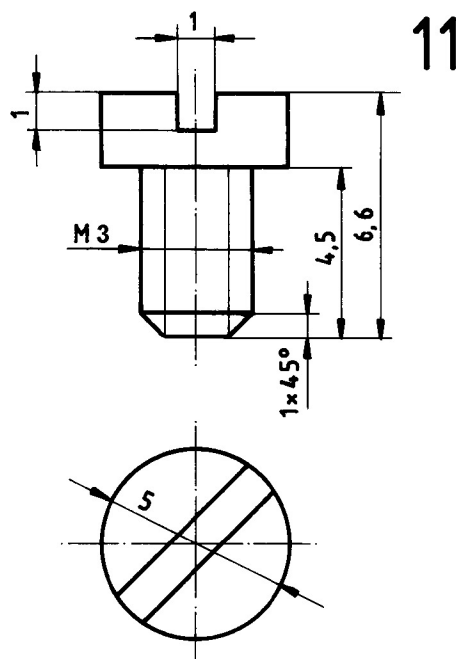
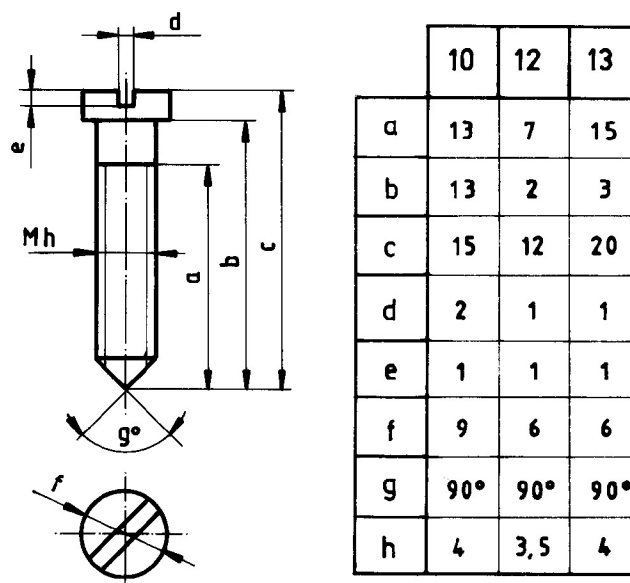






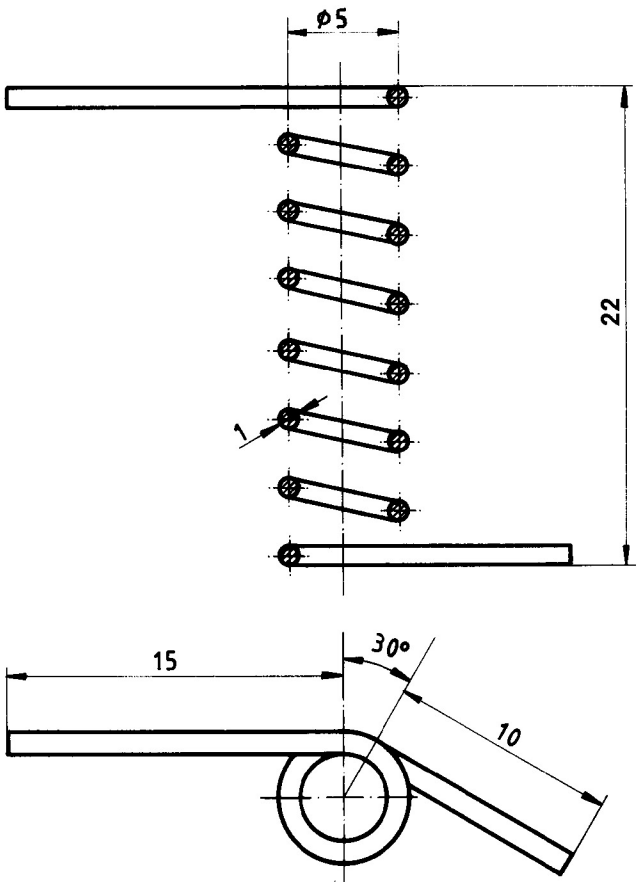
Observaciones		Título: DESPIECE TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA DE SUPERFICIE ESTANCA	Plano nº: c1.e28	
			Hoja nº: 2 de 6	
Escala 1:1	Un. dim. mm		Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:









Observaciones		Título: DESPIECE TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA DE SUPERFICIE ESTANCA		Plano nº: c1.e28	
				Hoja nº: 5 de 6	
Escala 3:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: DESPIECE TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA DE SUPERFICIE ESTANCA	Plano nº: c1.e28	
			Hoja nº: 6 de 6	
Escala 3:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.29 Válvula antirretorno

En la figura 1.29.1 se representa el dibujo de conjunto de una válvula antirretorno. Este tipo de válvula permite la libre circulación de líquido en un sentido al tiempo que impide la circulación en sentido contrario. El cuerpo principal incluye un tapón de purga, para limpiar o desatascar la válvula. En la figura 1.29.2 se representa el subconjunto tapón antirretorno en perspectiva explotada.

La válvula es de jardinería, por lo que casi todas sus piezas son de PVC, y sus roscas tienen dimensión normalizada de dos pulgadas.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto e identifique, mediante su correspondiente marca, todas las piezas que componen el conjunto.

La representación debe incluir el correspondiente cajetín de despiece.

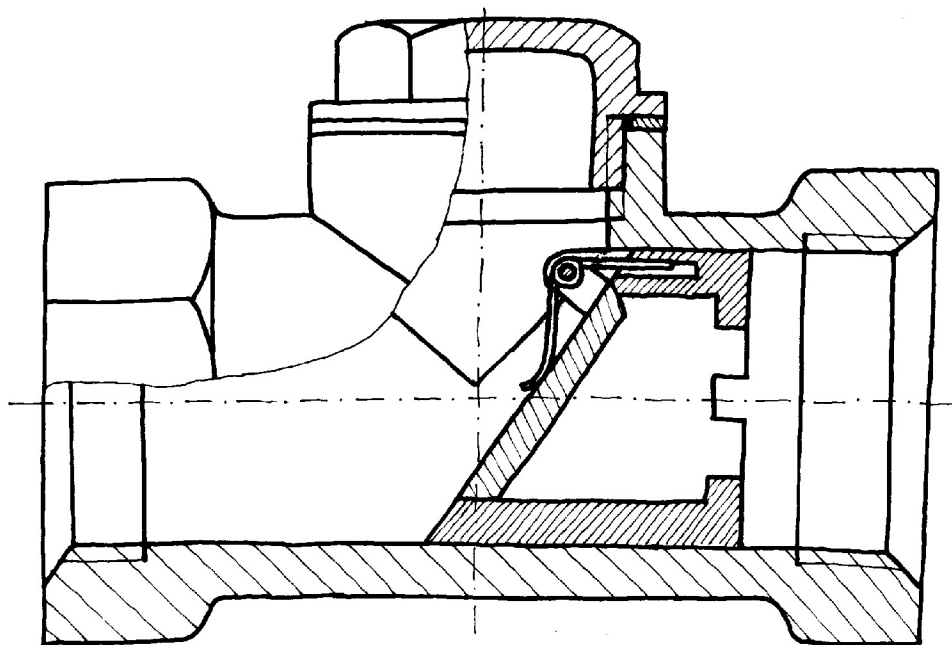


Figura 1.29.1

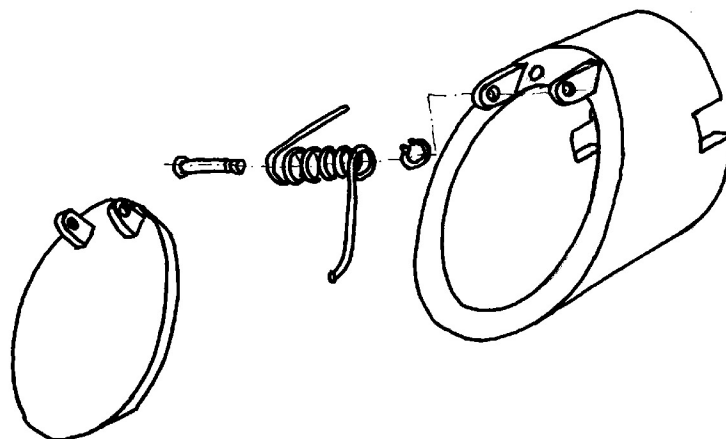
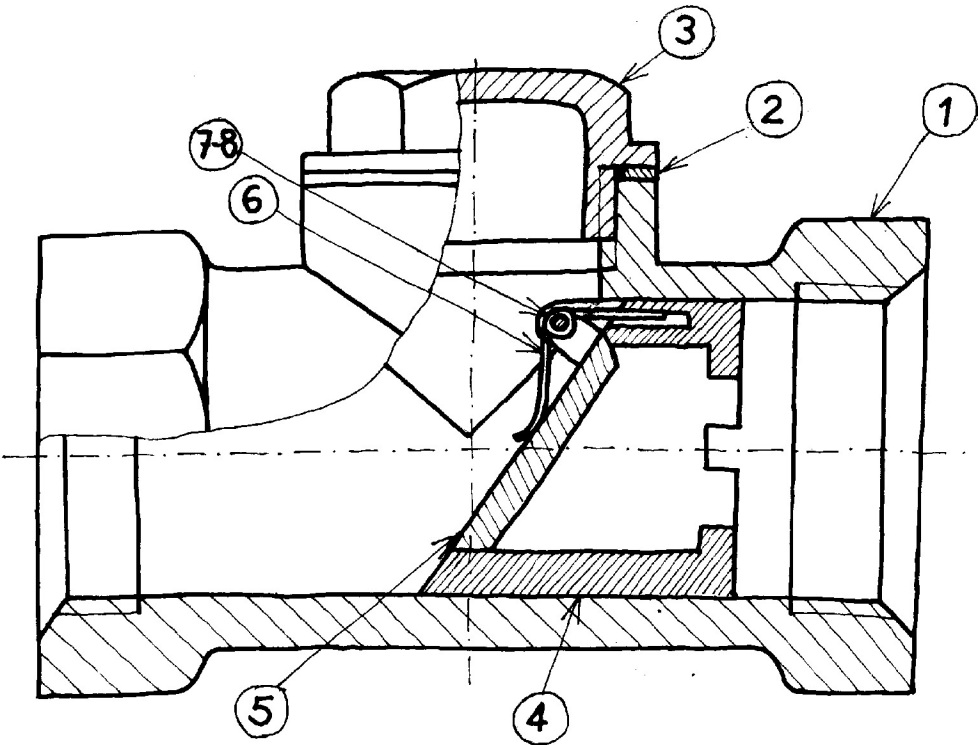


Figura 1.29.2



1	Arandela elástica para ejes	8	Acero F3117
1	Pasador	7	Acero F3117
1	Muelle de torsión	6	Acero F3117
1	Tapón antirretorno	5	PVC negro
1	Cuerpo de antirretorno	4	PVC negro
1	Tapón de purga	3	PVC gris
1	Junta de estanqueidad	2	Caucho sintético
1	Cuerpo de válvula	1	PVC gris
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: VÁLVULA ANTIRRETORNO	Plano nº: c1.e29
			Hoja nº: 1 de 1
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:
			Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.30 Bureta

En la figura 1.30.1 se muestra el dibujo de conjunto de una bureta a escala 1/1. Incluye un depósito de vidrio, graduado para poder conocer el volumen de líquido que contiene en cada momento. También contiene un sistema de regulación del flujo, que permite dosificar la frecuencia de goteo del líquido que cae por gravedad y sale por la boquilla o precipitador de punta cónica.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto incluyendo las marcas y la lista de piezas.

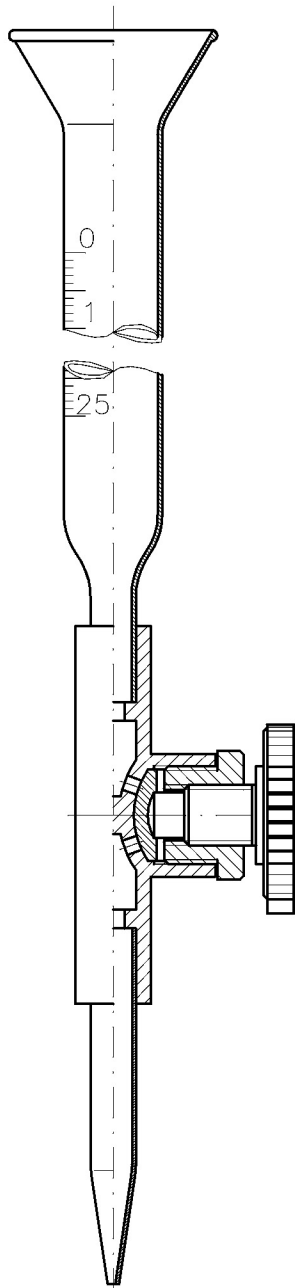
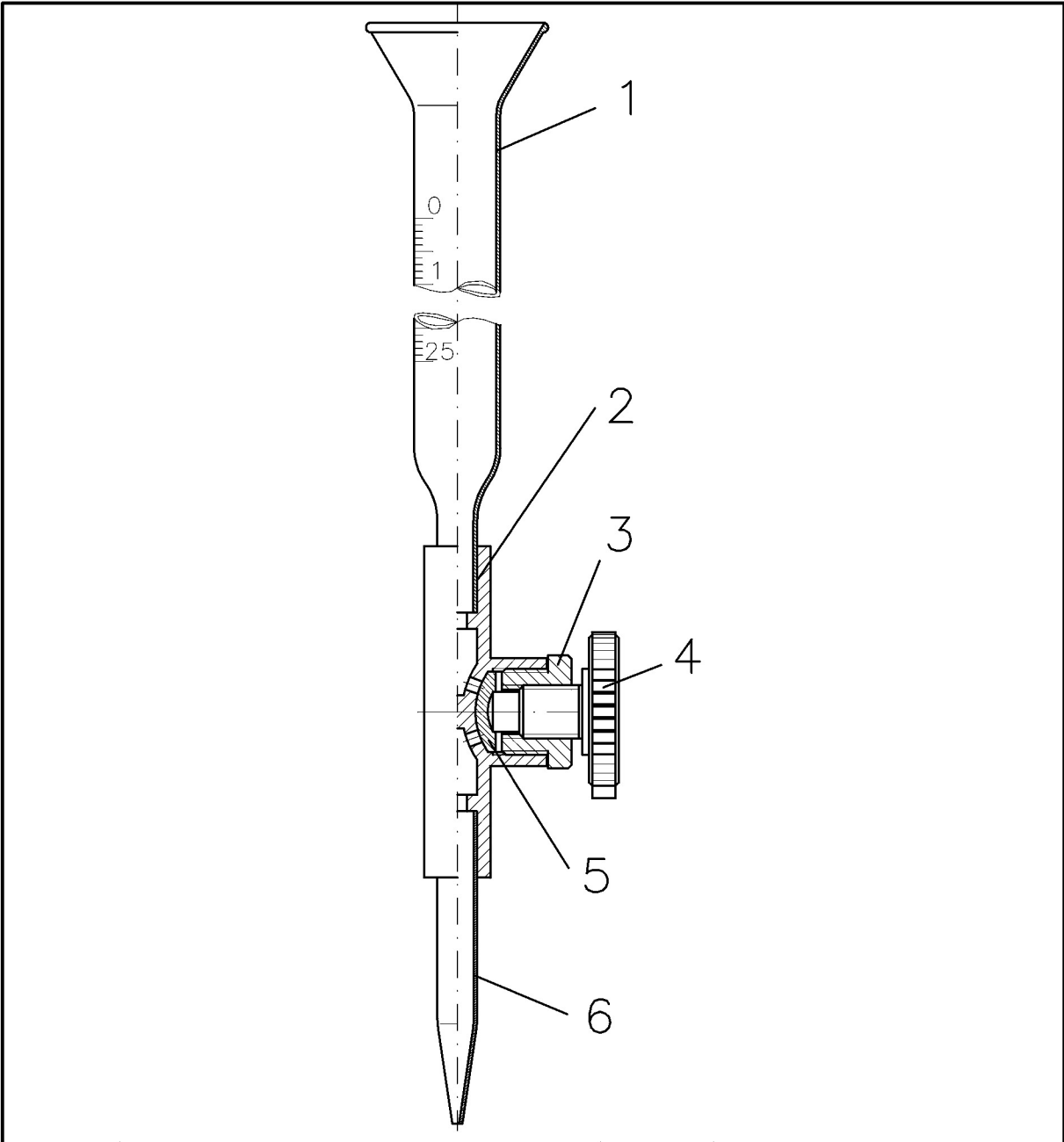




Figura 1.30.1



1	Precipitador	6	Vidrio
1	Soleta	5	Goma
1	Dosificador	4	Plástico
1	Racor	3	Plástico
1	Cuerpo de válvula	2	Plástico
1	Depósito	1	Vidrio
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: BURETA	Plano nº: c1.e30
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	

Ejercicio 1.31 Bolígrafo

En la figura 1.31.1 se representa el dibujo de conjunto de un bolígrafo. El conjunto incluye una capucha que encaja a presión sobre el tubo (astil o vaina) del cuerpo del bolígrafo, protegiendo la punta. Cuando la bola, que forma parte de la punta, está apoyada sobre el papel, la tinta del cartucho impregna la bola, que, a su vez, impregna el papel. Es un bolígrafo barato, de modo que la mayoría de las piezas son de plástico.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto incluyendo las marcas y la lista de piezas.

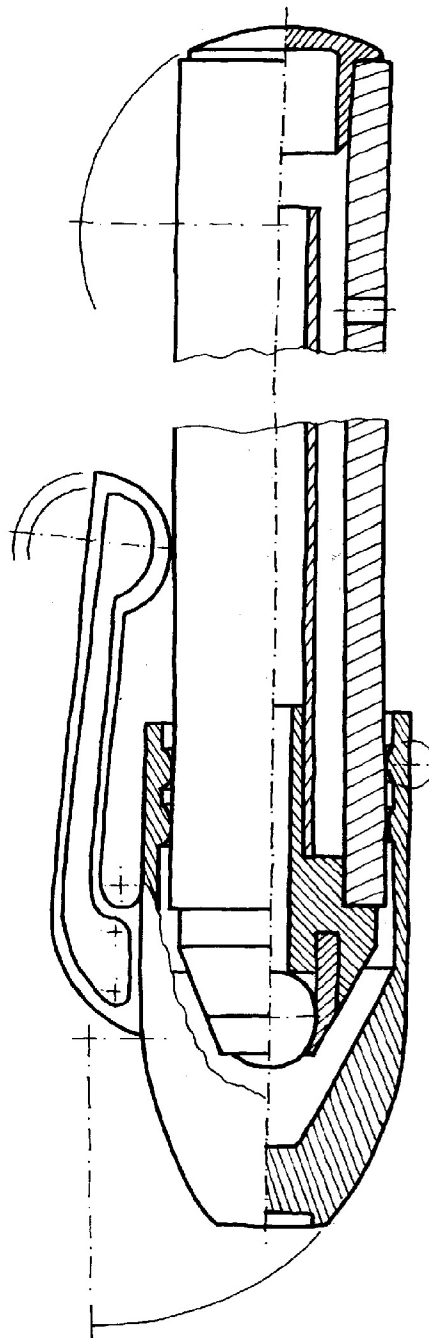
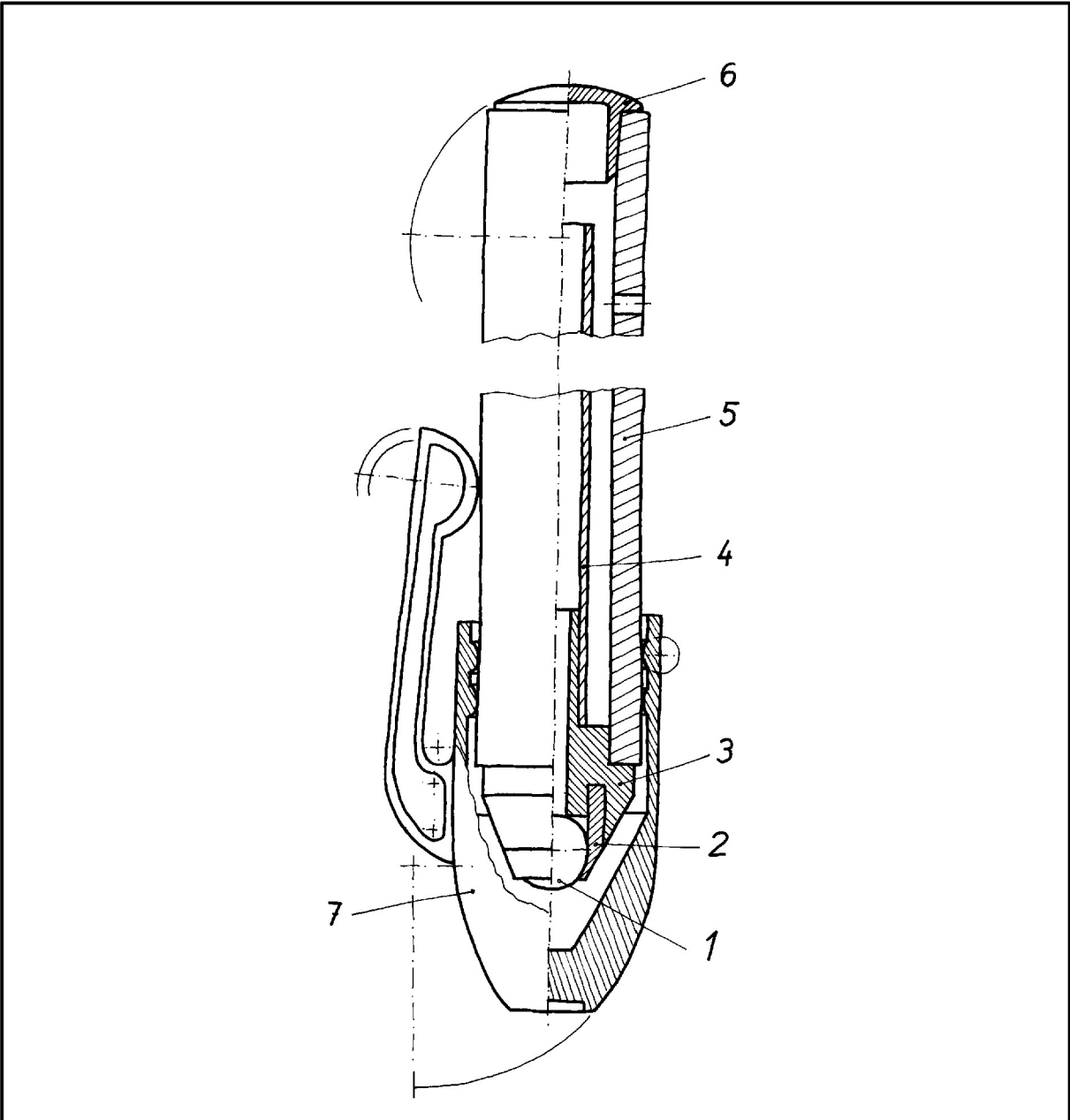




Figura 1.31.1



1	Capuchón	7	PVC
1	Tapa	6	PVC
1	Astil	5	PVC
1	Cartucho de tinta	4	PVC
1	Punta	3	Acero F3117
1	Soporte bola	2	Acero F3117
1	Bola	1	Acero F3117
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: BOLÍGRAFO	Plano nº: c1.e31
			Hoja nº: 1 de 1
Escala sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:

Ejercicio 1.32 Válvula de seguridad regulable de dos etapas

En la figura 1.32.1 se representa el dibujo de conjunto de una válvula de seguridad regulable de doble etapa, a escala 3/4.

El tapón cónico con guía cruciforme impide la salida de líquido desde la abertura interior, porque está presionado por un muelle pequeño. Cuando la presión del líquido vence la fuerza del muelle pequeño, el tapón sube y deja pasar líquido que sale por el aliviadero de la derecha. Si la presión es más grande, el tapón sube hasta empujar el émbolo que está presionado por el muelle grande. El tapón superior puede enroscarse o desenroscarse para «tarar», es decir, aumentar o reducir la presión del muelle grande.

También hay un tapón de purga.

Apartado A

Realice el dibujo de conjunto de la válvula de seguridad incluyendo la identificación de todas las piezas que lo componen mediante su correspondiente marca y el cajetín de despiece.

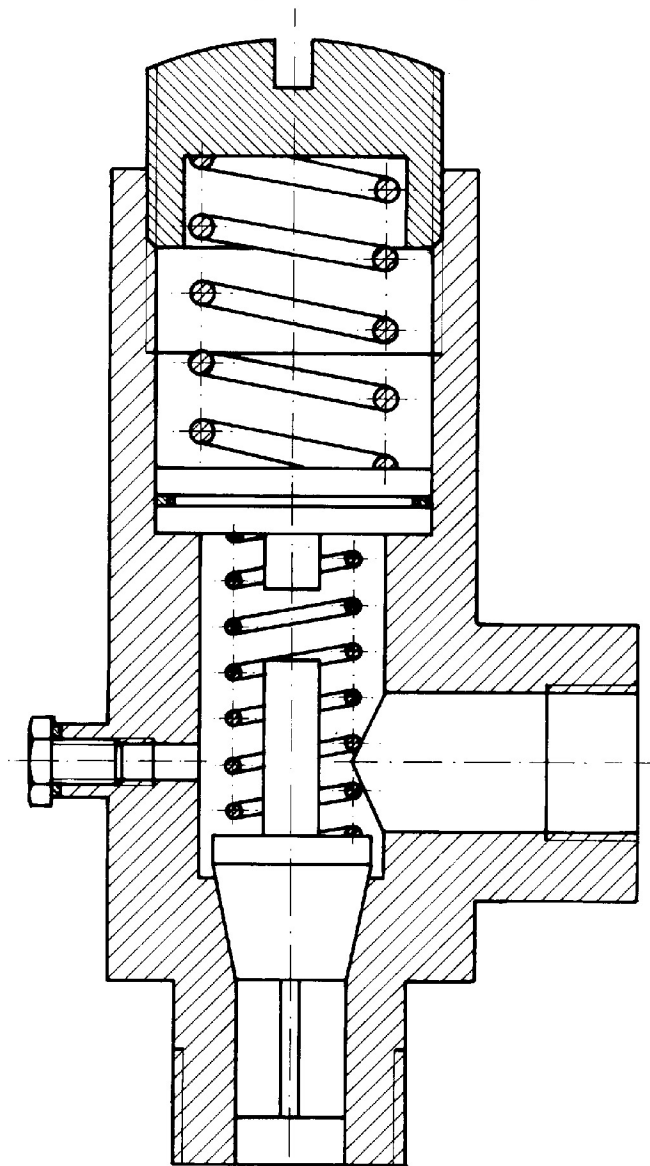
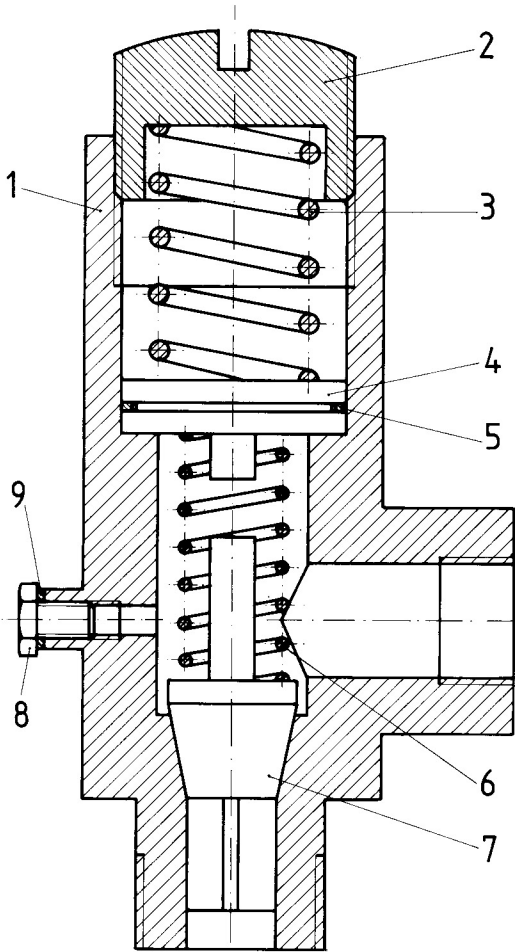


Figura 1.32.1



1	Junta de estanqueidad	9	
1	Tornillo de purga	8	
1	Tapón de cierre	7	
1	Muelle pequeño	6	
1	Junta	5	
1	Émbolo	4	
1	Muelle grande	3	
1	Tapón de ajuste	2	
1	Cuerpo	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: VÁLVULA DE SEGURIDAD REGULABLE DE DOS ETAPAS	Plano nº: c1.e32
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 1:2	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Fecha:
			Comprobado por: Fecha:

Ejercicio 1.33 Mechero Bunsen

En la figura 1.33.1 se representa el dibujo de conjunto de un mechero Bunsen a escala 1/1. La pata es de fundición. Tanto la chimenea como el eje regulador son de acero. El resto de piezas son de latón, salvo las juntas que son de goma.

El gas entra por el conducto de la pata. El sistema de regulación controla su flujo hacia la chimenea. La regulación de la chimenea permite graduar la mezcla de gas con aire antes de que entre a la chimenea.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto incluyendo las marcas y la lista de piezas.

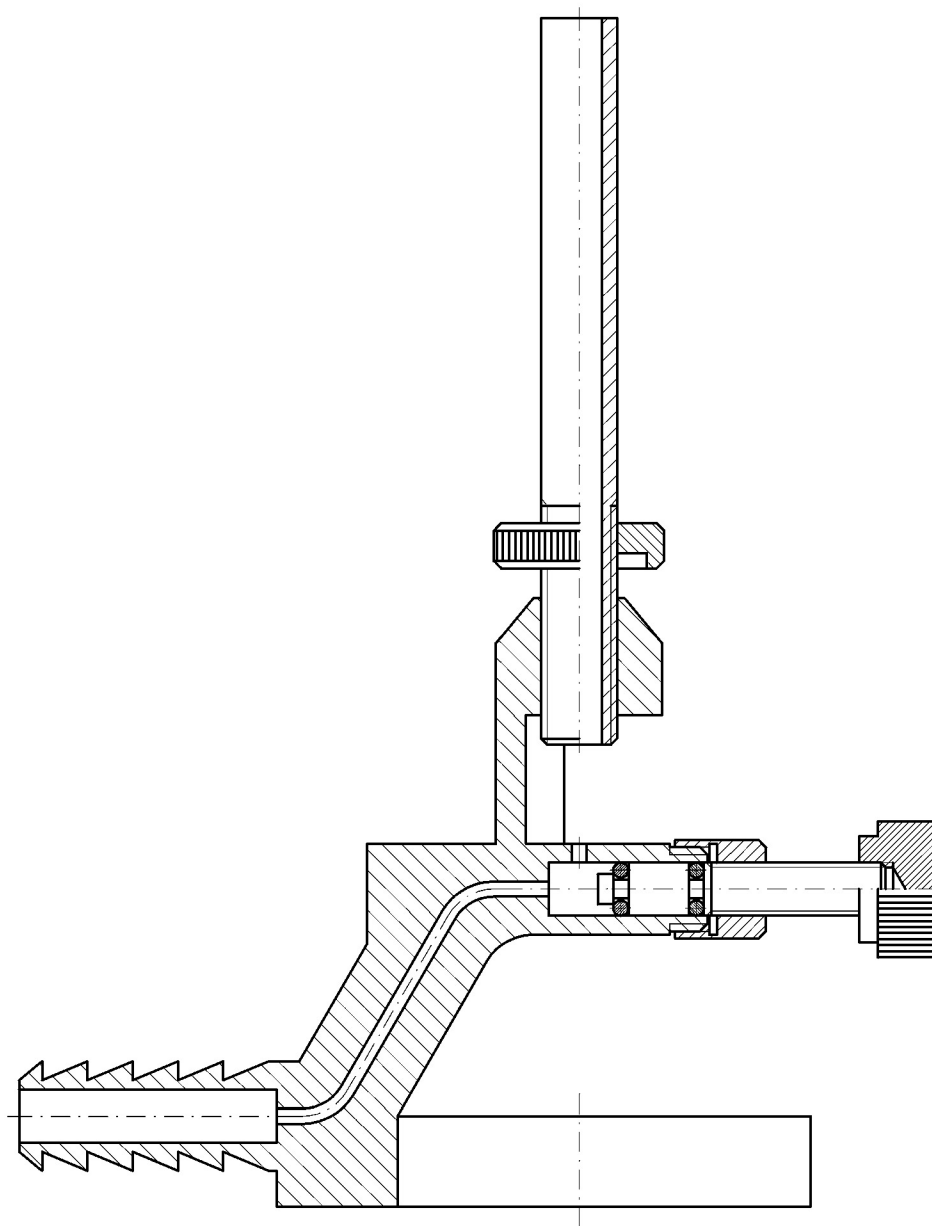
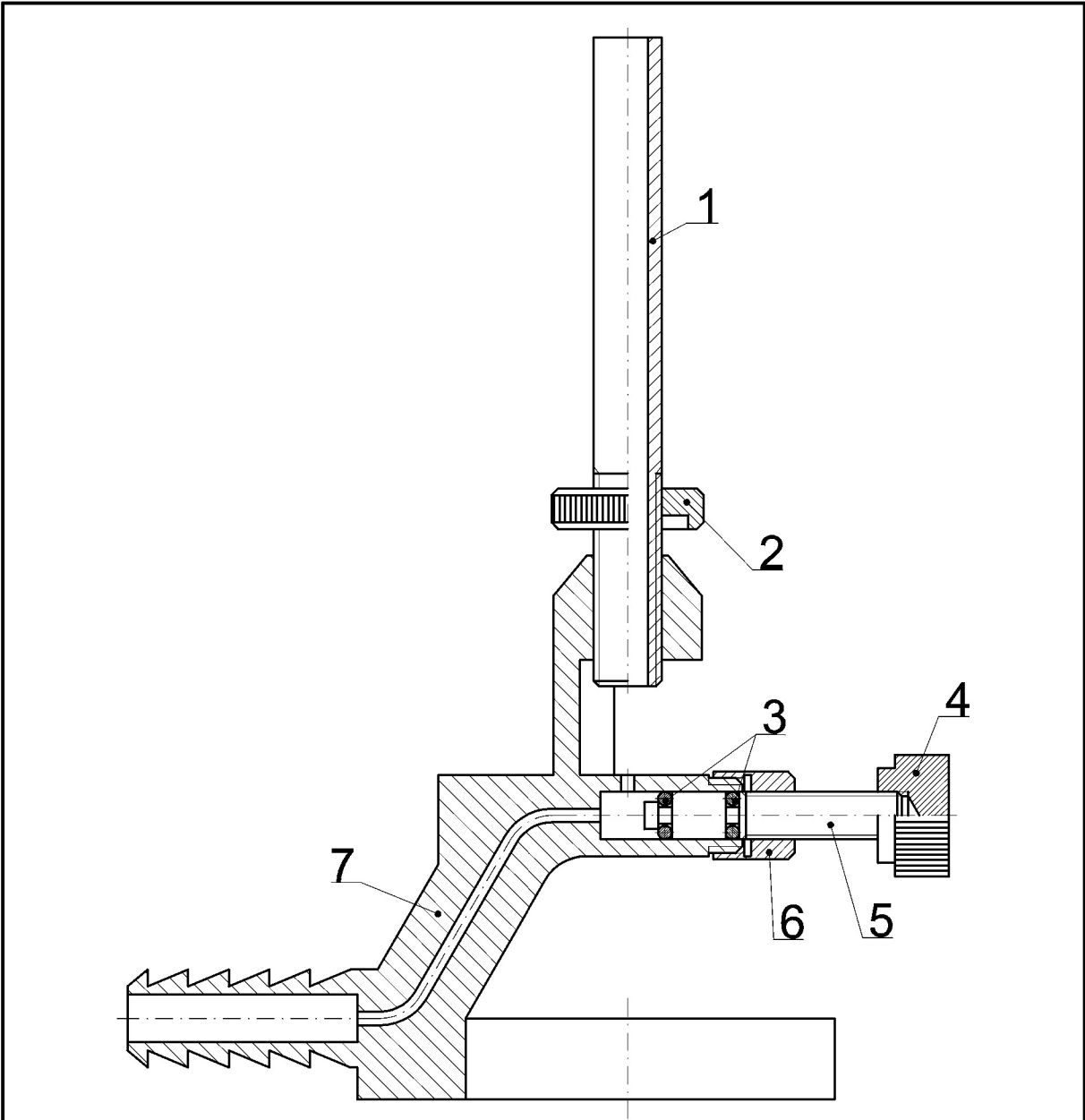




Figura 1.33.1



1	Pata	7	Fundición		
1	Casquillo	6	Latón		
1	Eje regulador	5	Acero		
1	Tuerca moleteada	4	Latón		
2	Junta tórica	3	Goma		
1	Anillo de fijación	2	Latón		
1	Chimenea	1	Acero		
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones		
Observaciones		Título: MECHERO BUNSEN		Plano nº: c1.e33	
				Hoja nº: 1 de 1	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

Ejercicio 1.34 Conector

En la figura 1.34.1 se representa el dibujo de conjunto de un conector de cable coaxial de televisión, a escala 3/2.

Las piezas que deben transmitirla la señal eléctrica de la antena son de acero niquelado. El resto de piezas son de plástico PVC gris. Tanto la cubierta como el racor tienen un moleteado axial que facilita su apriete con las manos. El prisionero que sujeta el cable interior al conector interior también tiene un moleteado, pero éste es cruzado.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto incluyendo las marcas y la lista de piezas.

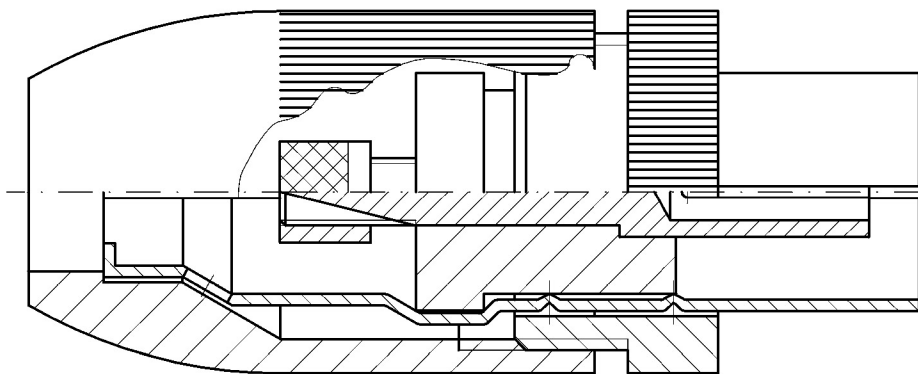
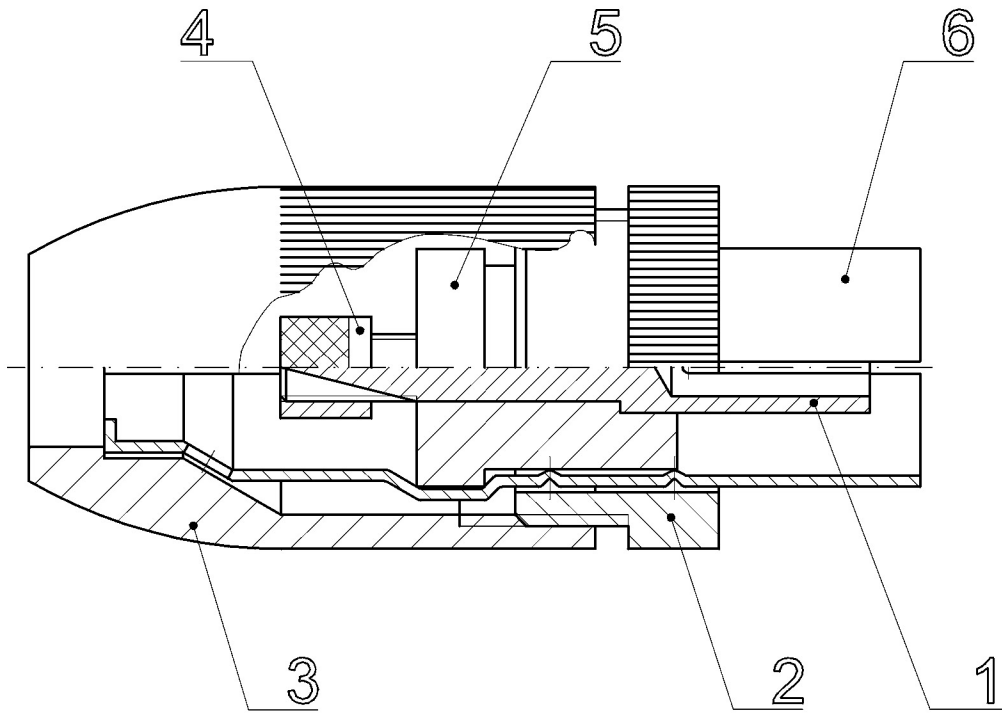




Figura 1.34.1



1	Conector exterior	6	Acero niquelado
1	Centrador	5	PVC
1	Prisionero	4	Acero niquelado
1	Cubierta	3	PVC
1	Racor	2	PVC
1	Conector interior	1	Acero niquelado
Nº piezas	Denominación	Marca	
Observaciones		Título: CONECTOR	Plano nº: c1.e34
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 3:2	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	

Ejercicio 1.35 Contrapunto de torno

En la figura 1.35.1 se representa el dibujo de conjunto de un contrapunto de torno a escala 1/1. El contrapunto se ancla en el contracabezal del torno a través del cuerpo o «cono morse», y sirve para sujetar las piezas largas por el extremo opuesto al que se sujeta al plato del torno.

Para garantizar la coaxialidad, la punta cónica del contrapunto encaja en un agujero cónico que se hace previamente en la pieza que se está torneando.

Para que el giro de la pieza respecto al contrapunto no tenga rozamiento, se utiliza un cono centrador que gira libremente dentro del cono morse, con la ayuda de diferentes rodamientos.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto incluyendo las marcas y la lista de piezas.

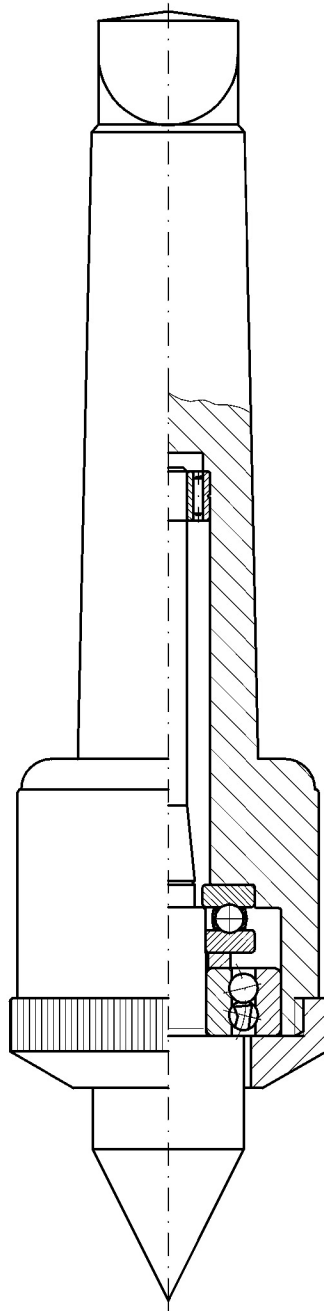


Figura 1.35.1

1 2 3 4 5 6 7

1	Rodamiento de bolas a rótula 1200 G15	7				
1	Arandela cierre	6	Acero			
1	Rodamiento axial bolas 51100	5				
1	Rodamiento de agujas	4				
1	Cono Morse	3	Acero			
1	Anillo de cierre	2	Acero			
1	Cono centrador	1	Acero			
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones			
Observaciones		Título: CONTRAPUNTO DE TORNO				
		Plano nº: c1.e35				
		Hoja nº: 1 de 1				
Escala 1:1	Un. dim. mm	Dibujado por:		Fecha:		
		Comprobado por:		Fecha:		

DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ejercicio 1.36 Rodillo de curvar

En la figura 1.36.1 se representa el dibujo de conjunto de un rodillo de curvar manual.

La pieza a curvar se coloca entre el rodillo superior y el inferior. La separación entre rodillos se puede regular para acomodar piezas de diferente espesor y conseguir diferentes curvados. A través del mango y la manivela se hace girar el rodillo superior. El rodillo inferior gira libremente.

Apartado A

Reproduzca el mismo dibujo de conjunto, incluyendo las marcas y la lista de piezas.

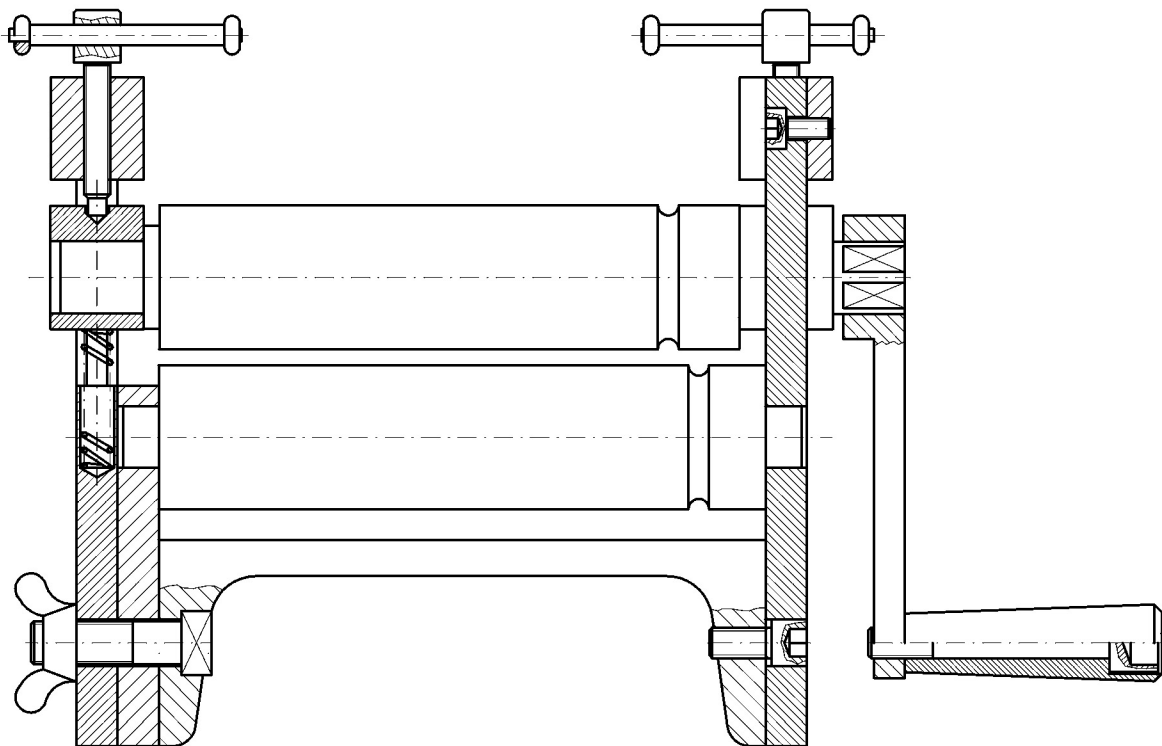
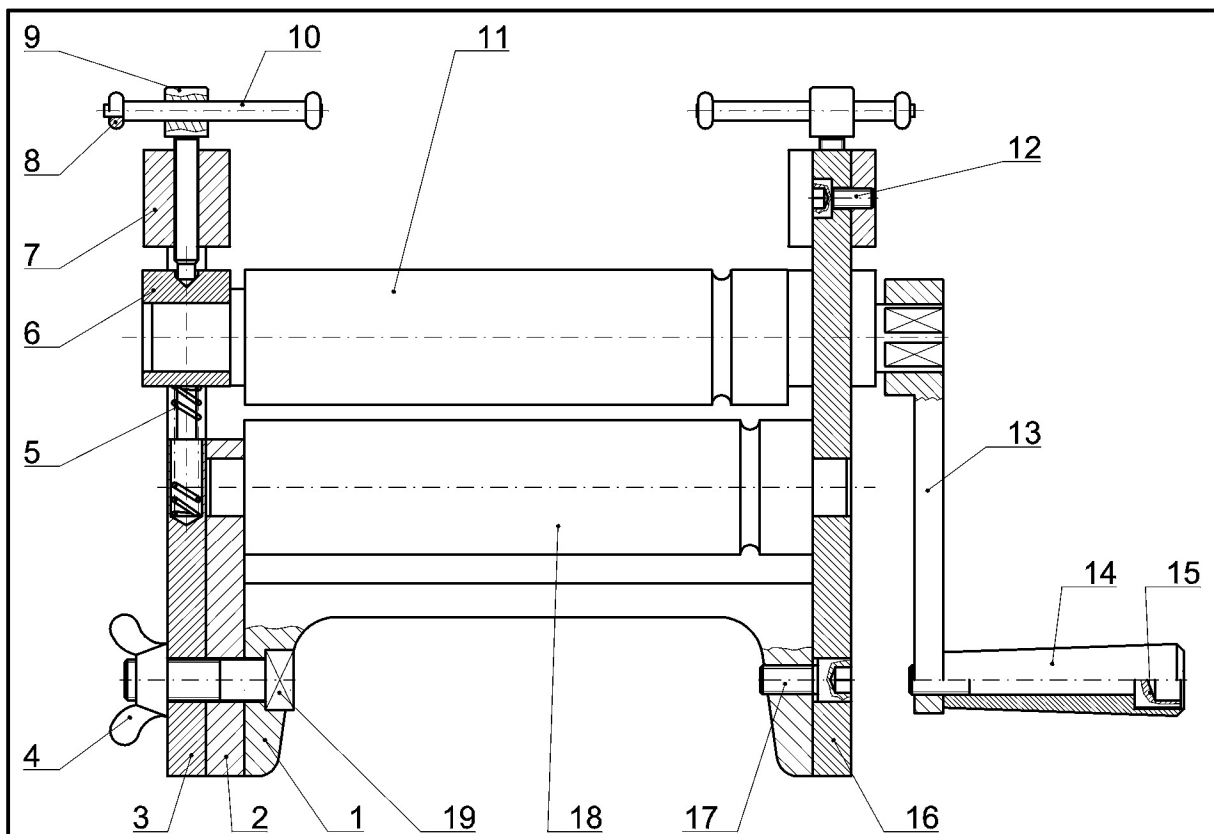




Figura 1.36.1



1	Clavija de cierre	19	
2	Rodillo inferior	18	
4	Tornillo Allen	17	
1	Placa lateral derecha	16	
1	Tornillo Allen	15	
1	Mango	14	
1	Palanca	13	
4	Tornillo Allen	12	
1	Rodillo superior	11	
2	Brazo	10	
2	Vástago roscado	9	
4	Perilla	8	
2	Pieza de ajuste	7	
2	Pieza presión	6	
2	Muelle	5	
1	Tuerca mariposa	4	
1	Placa lateral izquierda	3	
1	Placa soporte	2	
1	Base	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: RODILLO DE CURVAR	Plano nº: c1.e36
			Hoja nº: 1 de 1
Escala Sin escala	Un. dim. mm	Dibujado por: Comprobado por:	Fecha:
			Fecha:
 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA			

Ejercicio 1.37 Almacenamiento de fueloil

En la figura 1.37.1 se da un croquis en perspectiva de una instalación de almacenamiento de fueloil pesado, destinada a suministrar combustible a una caldera para la producción de agua caliente.

Los subconjuntos principales que se pueden observar en la figura son:

La arqueta para la boca de carga (marca 1) conduce el combustible hasta el depósito general (marca 2), que está enterrado. Del depósito sale al exterior una canalización de ventilación.

El depósito general está conectado a un depósito nodriza (marca 12) por medio de una canalización que incluye:

- un fluidificador de combustible (marca 3),
- una válvula de cierre rápido (marca 4),
- un filtro de aceite (marca 5),
- un manómetro (marca 6),
- una bomba de impulsión (marca 7),
- una válvula de compuerta (marca 8),
- un manómetro (marca 9),
- un filtro (marca 10), y
- una válvula de retorno (marca 11).

Del depósito nodriza sale una conducción que alimenta la caldera con quemador incorporado (marca 16). La conducción incluye:

- una válvula de cierre rápido (marca 13),
- una válvula de compuerta (marca 14), y
- un filtro (marca 15).

El combustible sobrante del quemado vuelve al depósito nodriza. En dicha conducción de retorno se colocan los siguientes elementos:

- una válvula de retención (marca 17).

El depósito nodriza también dispone de una canalización de ventilación, y de un circuito auxiliar para facilitar la limpieza e inspección del depósito nodriza. El circuito auxiliar incluye:

- una canalización de vaciado rápido con una válvula de compuerta (marca 18), y
- un circuito de retorno al depósito principal con una válvula de compuerta (marca 19).

Apartado A

Dibuje la disposición esquemática de la instalación, empleando para ello los signos normalizados según UNE (por ejemplo 1-102-91) extractados en la figura 1.37.2, o cualquier otra norma que se considere apropiada.

La representación esquemática se deberá completar con un cuadro leyenda que incluya todos los signos empleados, su denominación y, si procede, la norma de la que hayan sido tomados.

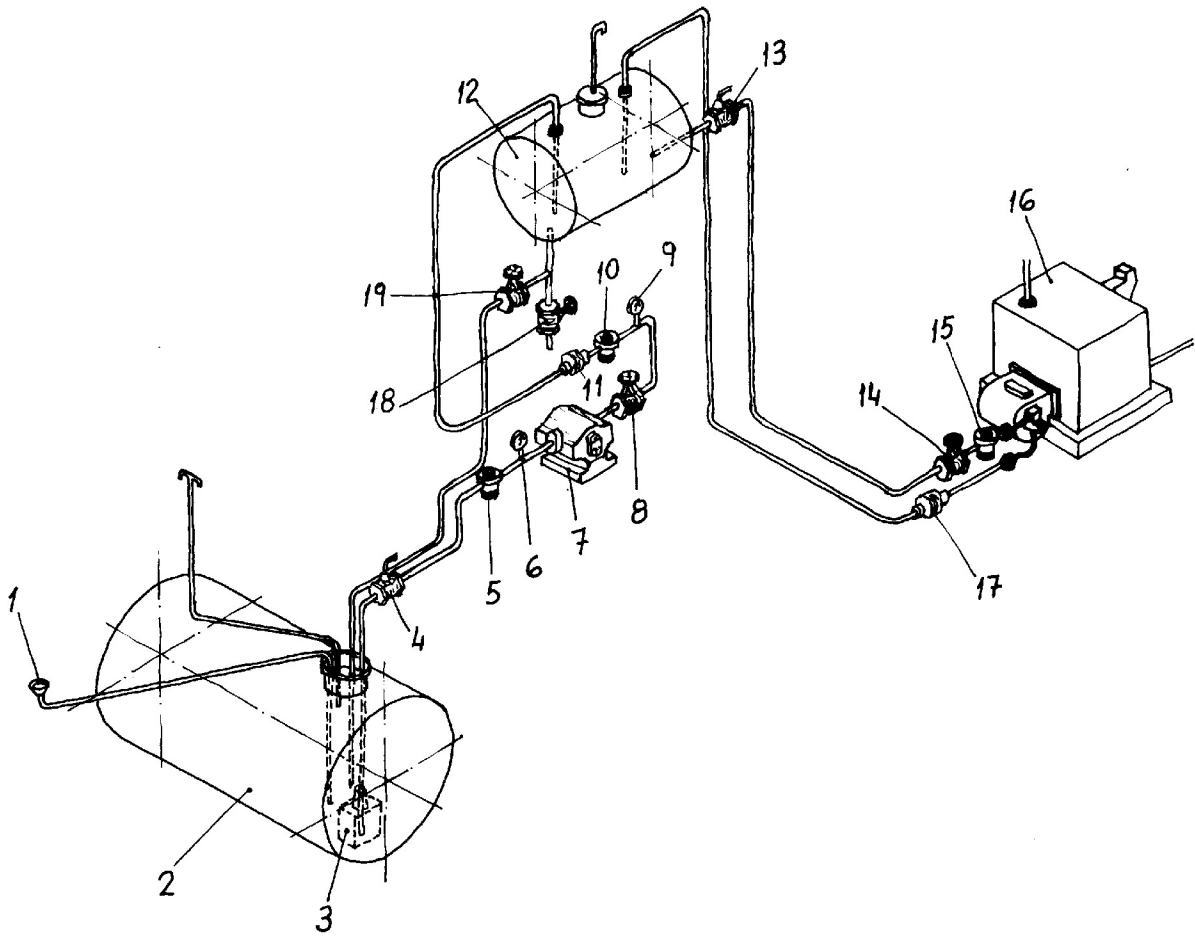
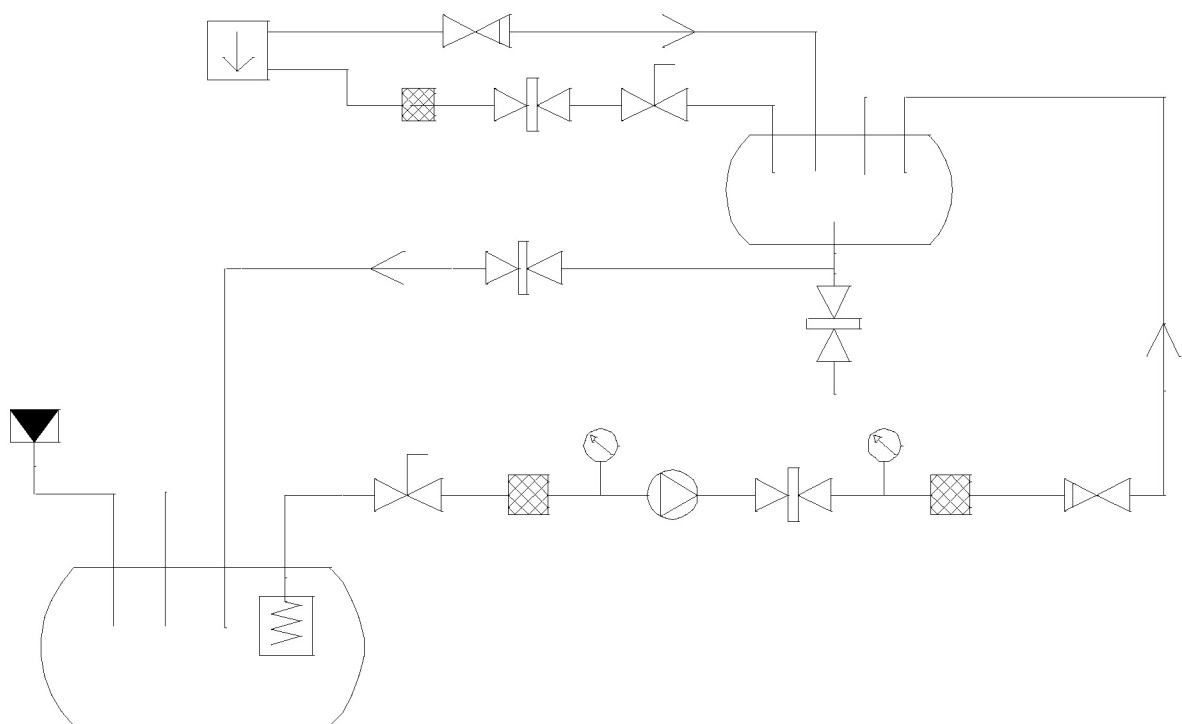


Figura 1.37.1

Tubería, símbolo general	
Cruzamiento de tuberías, sin empalme	
Unión (círculo negro cuyo diámetro es cinco veces el espesor de la línea)	
Cruzamiento de tuberías, con empalme	
Unión en T	
Brida	
Sentido del flujo	
Difusor	
Válvula, símbolo general.	
Válvula de compuerta	
Válvula de cierre rápido	
Válvula de retención (el sentido del flujo está indicado por la dirección de la base del triángulo representado por una línea vertical)	
Válvula angular de seguridad con resorte	
Intercambiador de calor	
Bomba hidráulica	
Calderín	
Elemento de actuación manual, símbolo general	
Elemento de actuación automática, símbolo general	
Mecanismo de mando por motor rotatorio	
Mecanismo de mando por motor térmico	
Captador de presión	
Aparatos indicadores de lectura directa (manómetros, etc.)	
Arqueta para boca de carga	
Depósito enterrado o exterior	
Equipo fluidificador	
Filtro	
Caldera	

Figura 1.37.2



	Manometro		Bomba hidraulica
	Arqueta de carga		Sentido del flujo
	Caldera		Valvula de cierre rapido
	Deposito		Valvula de retencion
	Filtro		Valvula de compuerta
	Fluidificador		

Observaciones		Título: ALMACENAMIENTO DE FUEL-OIL	Plano nº: c1.e37	
			Hoja nº: 1 de 1	
Escala Sin escala	Un. dim. mm	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO	Dibujado por:	
			Comprobado por:	
			Fecha:	
			Fecha:	

Ejercicio 1.38 Equipo contra incendios

En la figura 1.38.1 se da un croquis en perspectiva de un equipo contra incendios. Dicho equipo tiene tres entradas de agua (E_1 , E_2 y E_3) para alimentar tres circuitos alternativos que pretenden asegurar, frente a cualquier eventualidad, la presión y el caudal de agua requeridos en la salida (S).

Los subconjuntos principales que se pueden observar en la figura son:

- Circuito auxiliar con accionamiento eléctrico por acumuladores y bomba multicelular vertical (marcas 1 a 4).
- Circuito principal con accionamiento diesel (marcas 5 a 10; más marcas 11, 12 y 13 para el circuito de refrigeración del diesel).
- Circuito principal con accionamiento eléctrico (marcas 17 a 22).
- Colector general (marca 14) con calderín acumulador (marca 16) y válvula de compuerta (marca 15).
- Derivación para pruebas (marcas 23, 24 y 25).

Los principales componentes que se observan en la figura 1.38.1 son:

- Las bombas (marcas 1, 5 y 17), que se han montado seguidas por una válvula de retención (marcas 2, 8 y 20) y una válvula de compuerta (marcas 3, 10 y 22).
- Los conos difusores (marcas 6 y 18), situados a la salida de las bombas principales. De ellos parten sendas derivaciones en las que se han montado válvulas angulares de seguridad (marcas 7 y 19).
- En la conducción del circuito auxiliar hay una derivación en T con un manómetro (marca 4).
- De la derivación del cono difusor de la bomba marca 5, parte una nueva derivación en T para la refrigeración del motor diesel. Dicha derivación incluye una válvula de compuerta (11), un manómetro (12) y el intercambiador de calor de doble circuito (13).

Por último, las marcas 9 y 21 son colectores-separadores; las marcas 23 y 25 son derivaciones en T, y la marca 24 es la válvula de compuerta del circuito de pruebas. Además, se han dibujado sin marca el resto de codos, derivaciones en T, etc.

Apartado A

Dibuje la disposición esquemática del equipo contra incendios, empleando para ello los signos normalizados según UNE (por ejemplo 1-062-52 y 1-102-91) de la figura 1.38.2, o cualquier otra norma que se considere apropiada.

La representación esquemática se deberá completar con un cuadro leyenda que incluya todos los signos empleados, su denominación y, si procede, la norma de la que hayan sido tomados.

Apartado B

Dibuje, en perspectiva isométrica (norma ISO 6412-2), la misma disposición esquemática del apartado A. La representación debe acotarse. Como referencia para realizar el dimensionado del equipo, se puede suponer que el croquis de la figura 1.38.1 corresponde a una axonometría a escala 1/25.

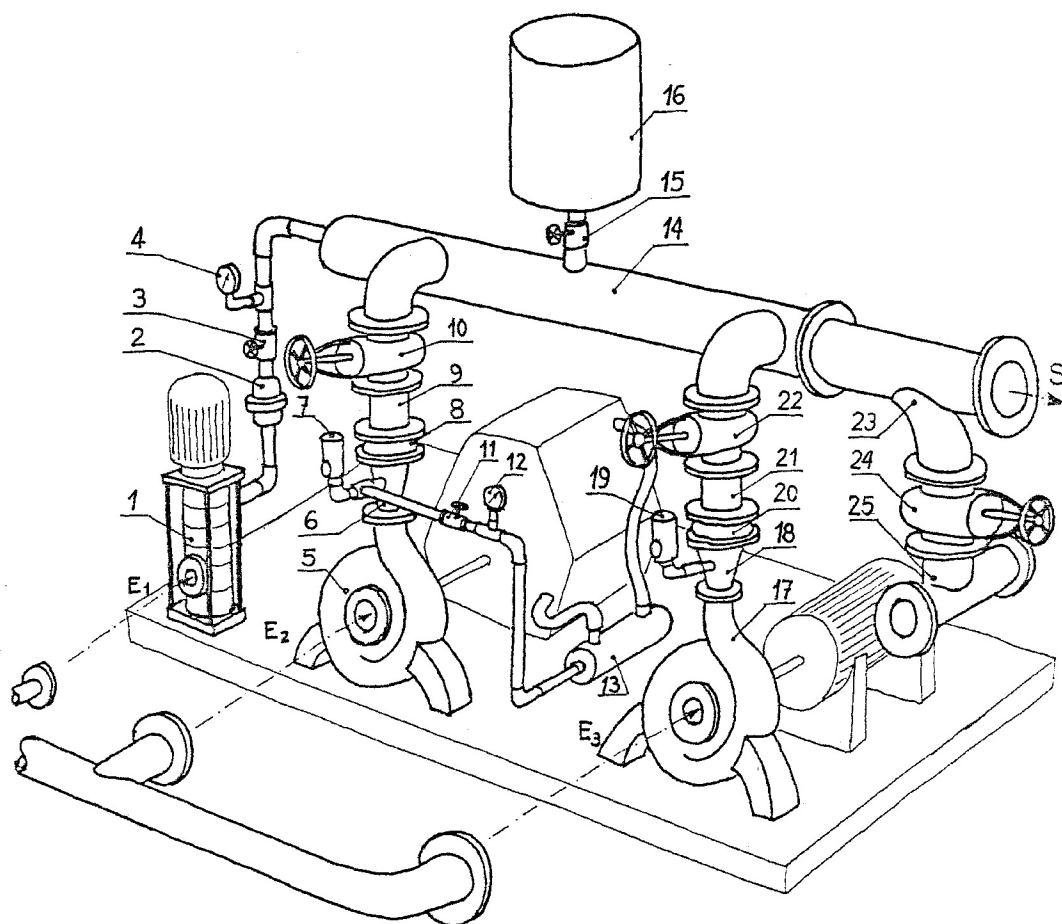
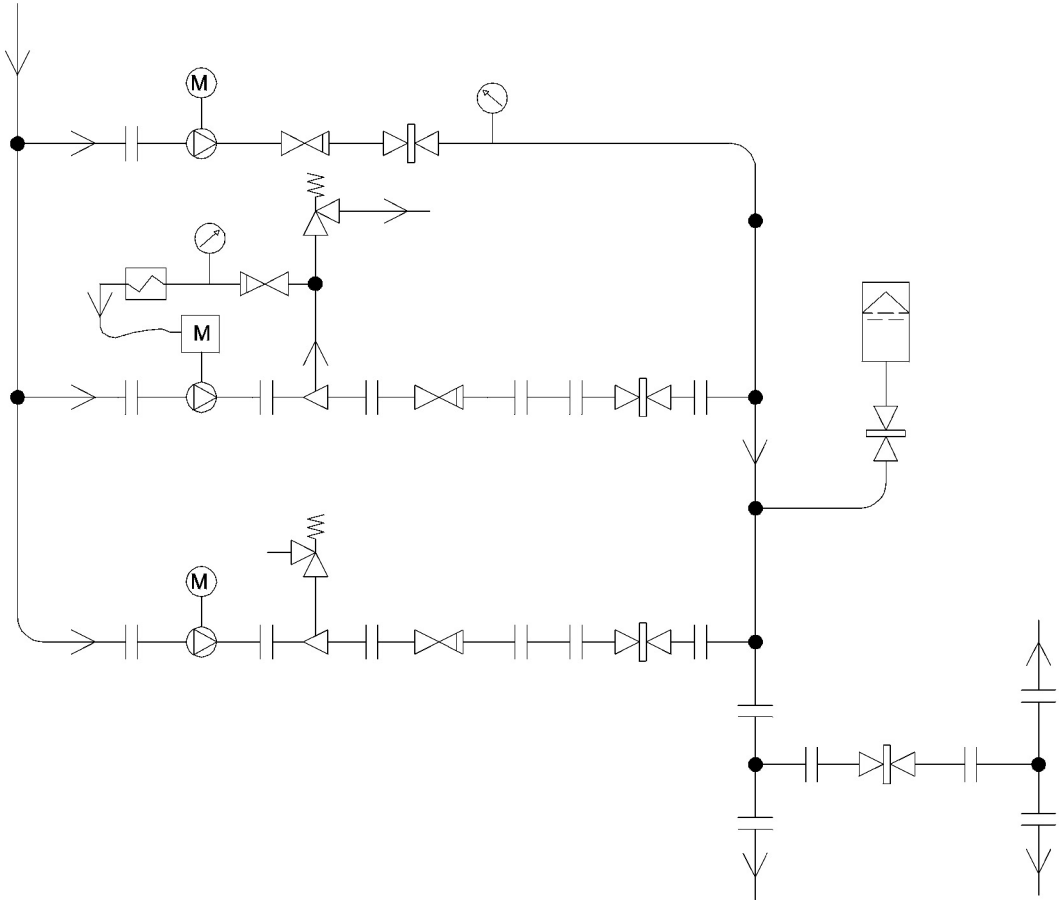


Figura 1.38.1

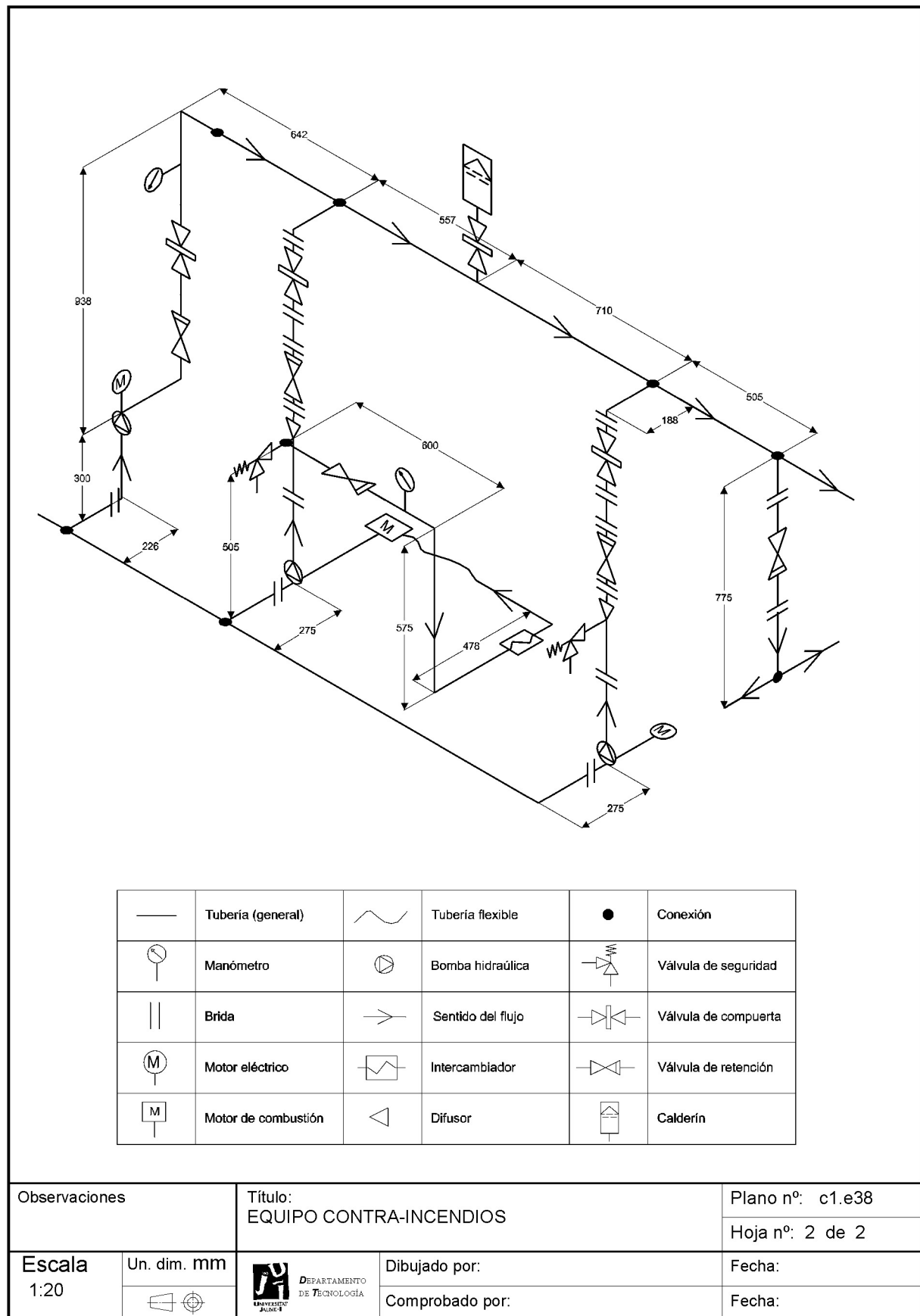
Tubería, símbolo general		Bomba hidráulica	
Cruzamiento de tuberías, sin empalme		Calderín	
Unión (círculo negro cuyo diámetro es cinco veces el espesor de la línea)		Elemento de actuación manual, símbolo general	
Cruzamiento de tuberías, con empalme		Elemento de actuación automática, símbolo general	
Unión en T		Mecanismo de mando por motor rotatorio	
Brida		Mecanismo de mando por motor térmico	
Sentido del flujo		Captador de presión	
Difusor		Aparatos indicadores de lectura directa (manómetros, etc.)	
Válvula, símbolo general.		Arqueta para boca de carga	
Válvula de compuerta		Depósito enterrado o exterior	
Válvula de cierre rápido		Equipo fluidificador	
Válvula de retención (el sentido del flujo está indicado por la dirección de la base del triángulo representado por una línea vertical)		Filtro	
Válvula angular de seguridad con resorte		Caldera	
Intercambiador de calor			

Figura 1.38.2



	Tubería (general)		Tubería flexible		Conexión
	Manómetro		Bomba hidráulica		Válvula de seguridad
	Brida		Sentido del flujo		Válvula de compuerta
	Motor eléctrico		Intercambiador		Válvula de retención
	Motor de combustión		Difusor		Calderín

Observaciones		Título: EQUIPO CONTRA-INCENDIOS		Plano nº: c1.e38
				Hoja nº: 1 de 2
Escala Sin escala	Un. dim. mm		Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones

Título:
EQUIPO CONTRA-INCENDIOS

Plano nº: c1.e38

Hoja nº: 2 de 2

Escala
1:20

Un. dim. mm



DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Dibujado por:

Comprobado por:

Fecha:

Fecha:

Ejercicio 1.39 Grupo de presión para suministro de agua sanitaria

En la figura 1.39.1 se observa un croquis en perspectiva de un grupo de presión que alimenta de agua sanitaria a un edificio de viviendas de tres pisos. La acometida general, no representada, se encuentra en la entrada del edificio. Por medio de una canalización subterránea entra a la sala de presión (de dimensiones 3540 x 2670 mm) por el orificio E, donde está instalado el grupo de presión y alimenta los depósitos acumuladores por medio de la derivación del circuito C1. La salida del orificio dispone de una válvula, tipo marca 8, para aislar el grupo de presión cuando se realizan tareas de ajuste y mantenimiento. La instalación está compuesta por dos elementos básicos:

- Depósito acumulador, constituido a su vez por dos unidades de plástico (\varnothing 1000 x 850) los cuales están unidos por medio de un manguito de conexión no representado. El depósito marca 1 dispone en su cavidad de un sensor de nivel mínimo de agua que controla la existencia de volumen, no representado. Dicho sensor está conectado por medio del circuito C2 a la caja de conexiones marca 7, la cual permite la alimentación y conexión eléctrico del sensor y del cuadro de mando marca 6. La válvula de regulación marca 8 une el depósito con el grupo de presión permitiendo ello aislar el depósito acumulador del resto del equipo para realizar tareas de mantenimiento.
- Grupo de presión, constituido por la motobomba (\varnothing 240 x 570) marca 2, el depósito de membrana (\varnothing 420 x 750) marca 3, el presostato marca 4 y el manómetro marca 5. El presostato detecta la demanda de agua solicitada permitiendo la impulsión del agua al circuito desde el depósito de membrana; cuando la presión del depósito, expuesta en el manómetro marca 5, baja por debajo de la establecida, la motobomba se pone en funcionamiento e impulsa el agua para el suministro, al tiempo que reequilibra el circuito.

Como medida de protección, cuando el nivel de agua es insuficiente, el mecanismo de control de la bomba informado por el sensor de nivel impide su puesta en marcha.

El resto de los principales componentes que constituyen el grupo son:

- Válvula de retención marca 9.
- Plataforma de anclaje y nivelación (585 x 420) marca 10.
- Colector de impulsión 11.
- Tubo de polietileno de alta densidad marca 12.
- Soporte cuadro de mando marca 13.
- Tubo flexible y protegido marca 14.
- Batería de distribución de contadores marca 15, de 5 salidas (DS= Distribuidor de servicio, DA= Distribuidor auxiliar, D1= Distribuidor 1º piso, D2 Distribuidor 2º piso, D3 = Distribuidor 3º piso).
- Válvula de regulación marca 16.
- Contador individual marca 17.
- Latiguillos de conexión contador marca 18.

El resto de componentes son arandelas, racores, codos, bridas y tornillería.

El mando eléctrico del equipo queda dispuesto del siguiente modo: cuando se activa el sensor de nivel se cierra el contacto correspondiente (CN) y cuando se activa el presostato, indicando que la presión es correcta, se cierra el contacto correspondiente (CP), en ese momento se alimenta la bobina del contactor (BC1), cerrándose los contactos principales del contactor (C1) y consecuentemente se alimenta a tensión de red el motor del grupo.

Apartado A

Realice a escala o en croquis el alzado y la planta del conjunto del grupo de presión, señalando la marca de los principales componentes y las cotas principales para la disposición de ellos.

Apartado B

Cumplimente el casillero y la lista de despiece con los elementos y cantidades pertinentes para el suministro a las tres viviendas, al servicio y el auxiliar.

Apartado C

Represente esquemáticamente el circuito hidráulico a partir de la simbología adjunta en la figura 1.39.2.

Apartado D

Represente esquemáticamente el circuito eléctrico de mando (en representación multifilar) y el circuito de potencia para la puesta en marcha de la bomba (también en representación multifilar), a partir de la simbología adjunta en la figura 1.39.3.

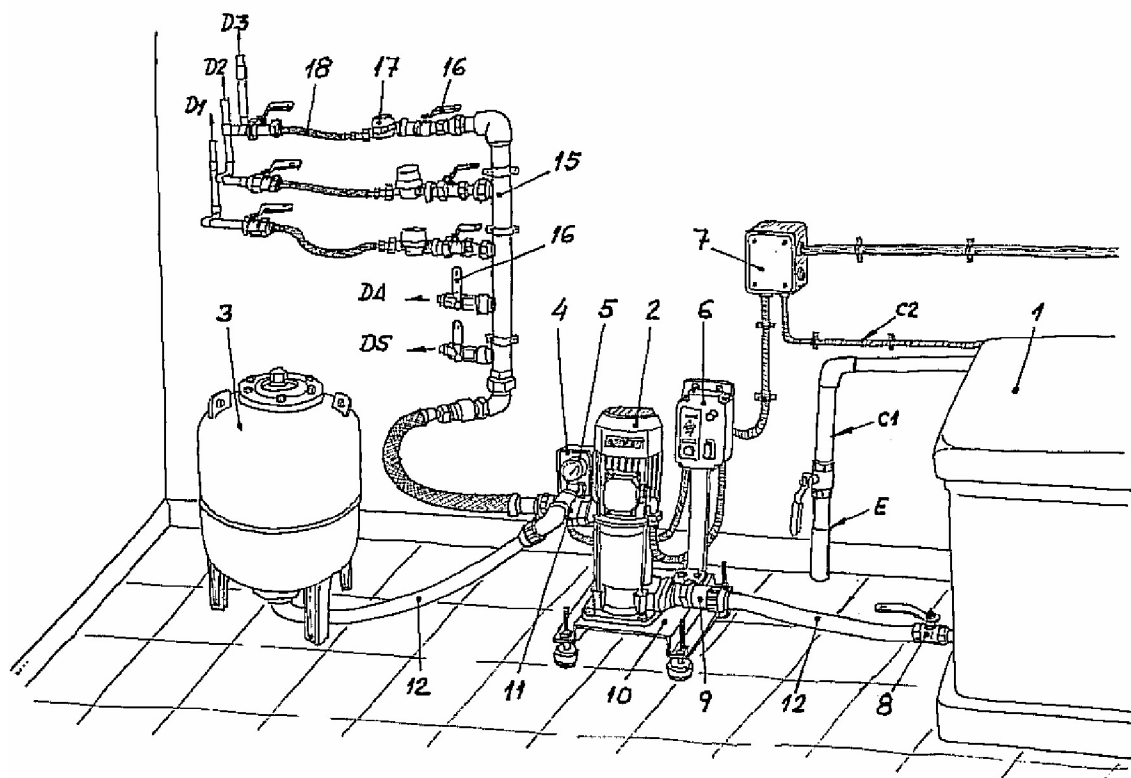


Figura 1.39.1









Elemento	Símbolo
Canalización	
Sentido del flujo	
Acometida a la red pública	
Contador individual	
Válvula	
Válvula de retención	
Deposito acumulador	
Grupo de presión	

Figura 1.39.2



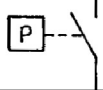
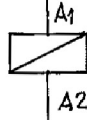

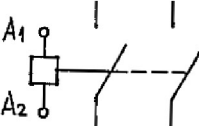
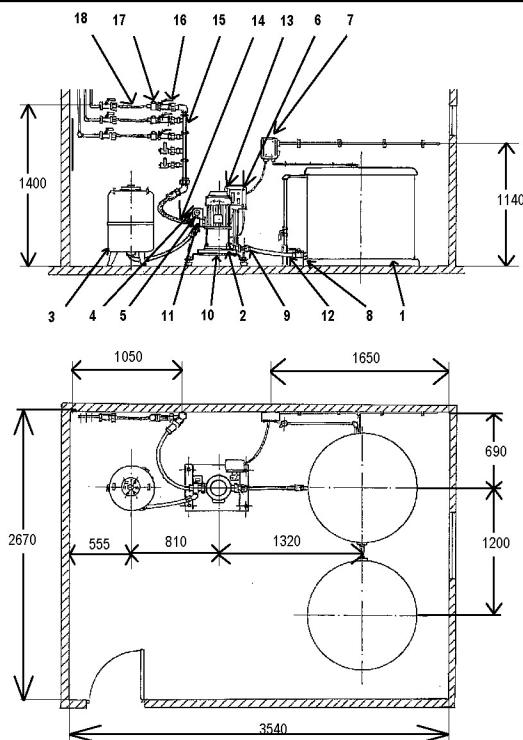


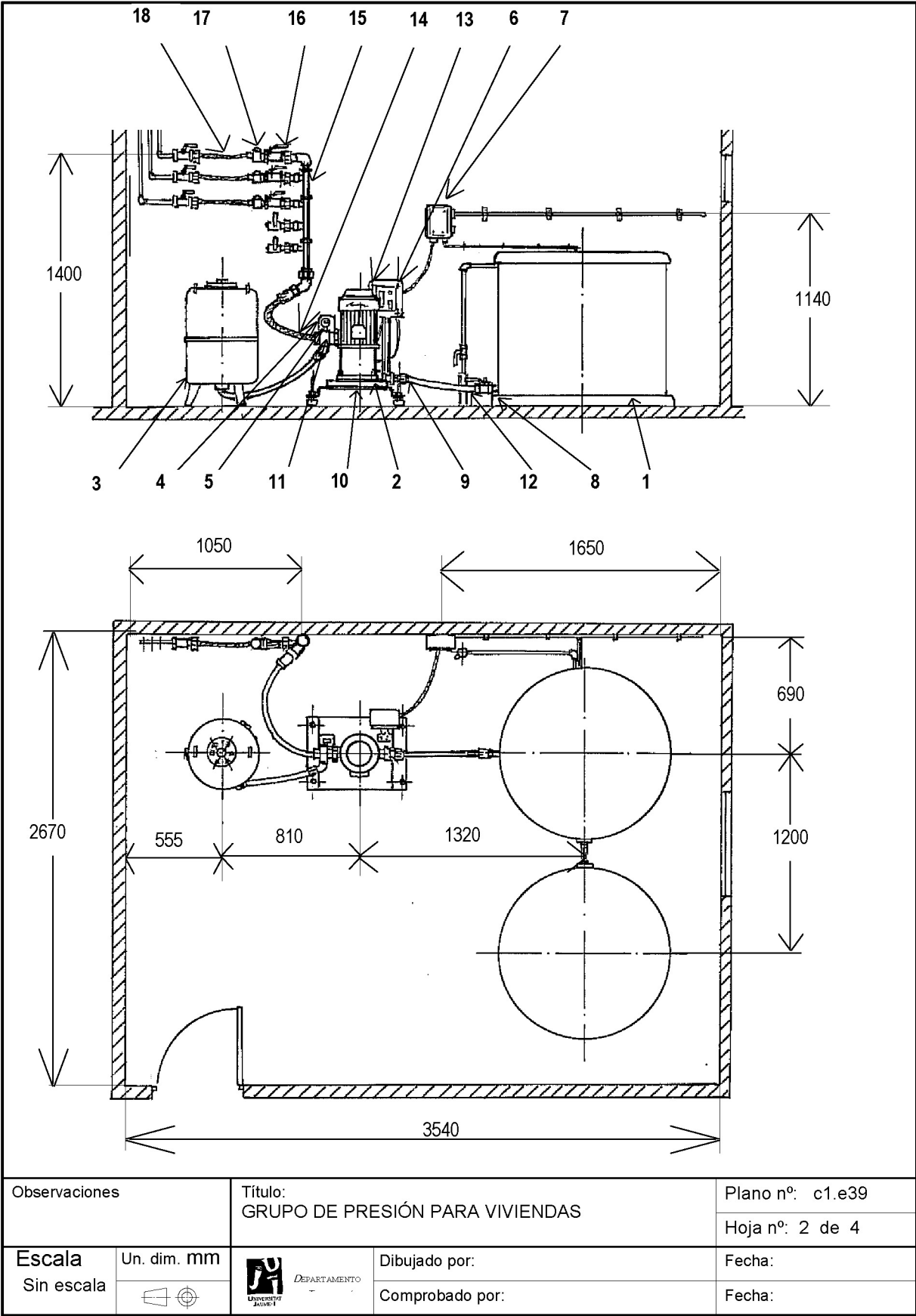
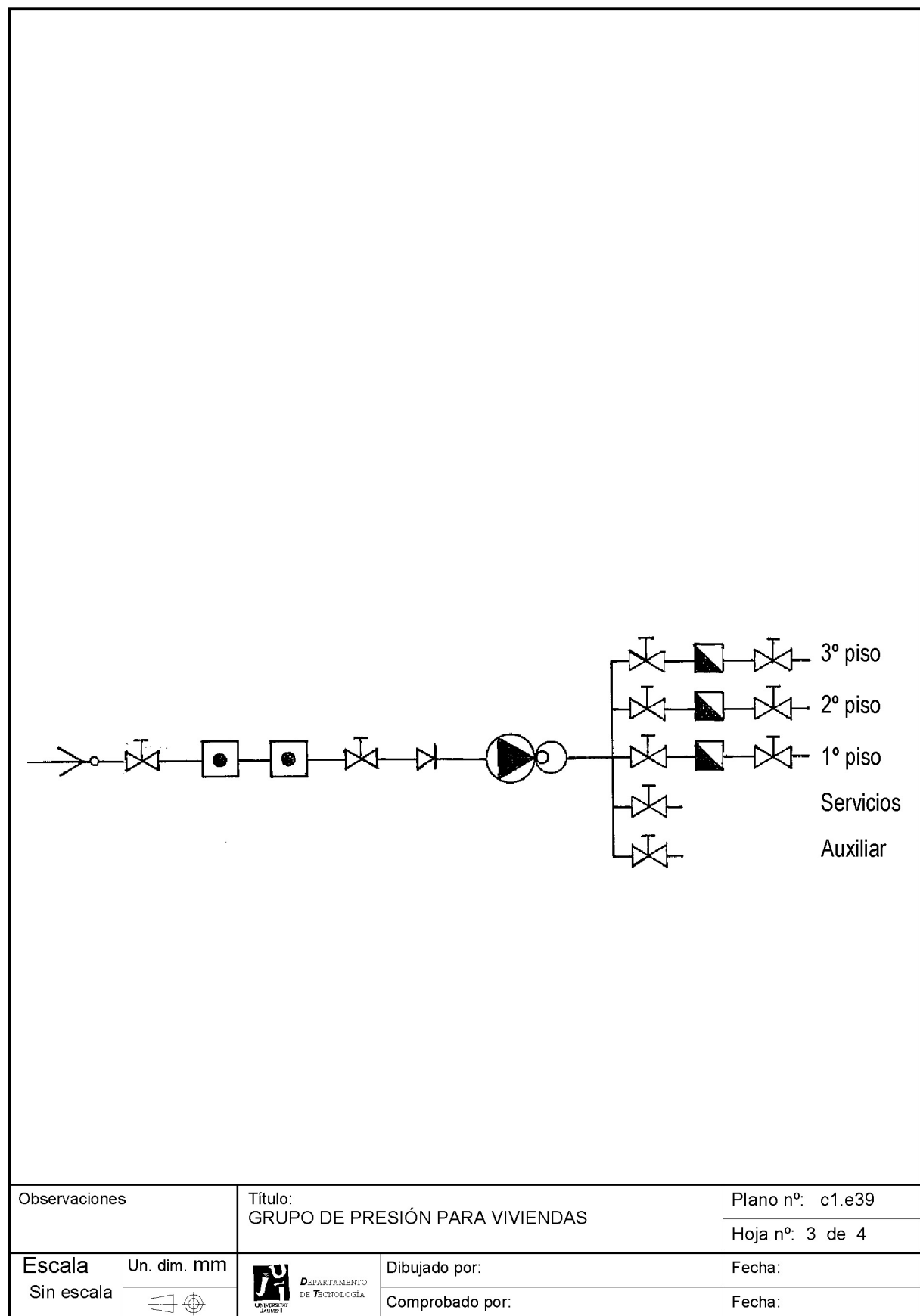
Elemento	Símbolo
Conductor	
Contacto accionado por el nivel de fluido (CN)	
Contacto accionado por la presión (CP)	
Bobina del contactor	
Motor monofásico	
Contactador	

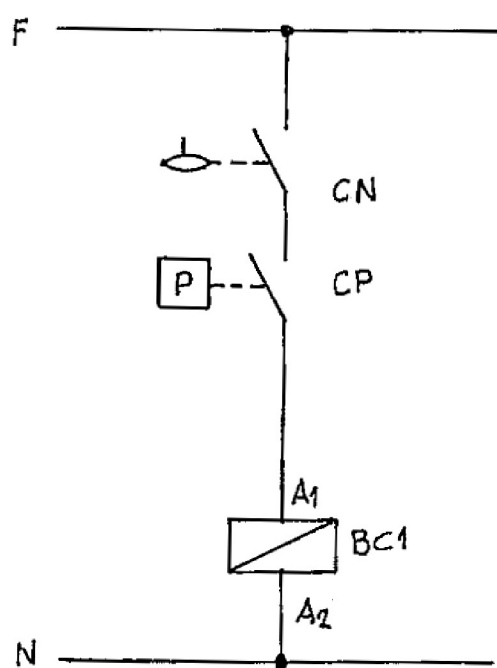
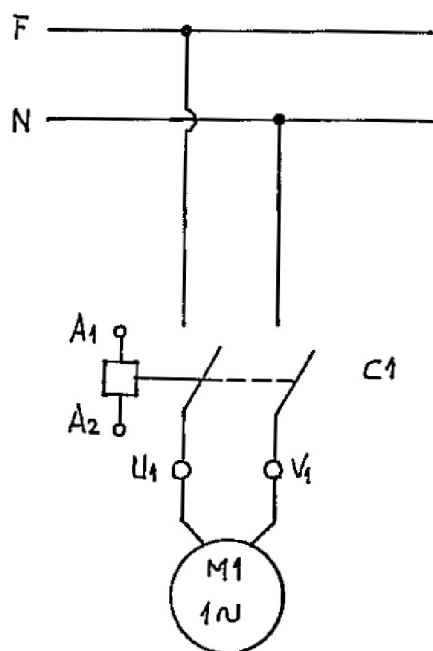
Figura 1.39.3





3	Latiguillos de conexión contador	18	Polietileno de alta densidad, con malla de protección	
3	Contador individual	17		
8	Válvula de regulación	16		
1	Batería de distribución contadores	15	Acero	
1	Tubo flexible y protegido	14	Polietileno de alta densidad, con malla de protección	
1	Soporte cuadro de mando	13	Acero	
2	Tubo de conexión	12	Polietileno de alta densidad	
1	Colector de impulsión	11		
1	Plataforma de anclaje y nivelación	10	Acero	
1	Válvula de retención	9		
2	Válvula de regulación	8		
1	Caja de conexiones	7		
1	Cuadro de mando y protección	6		
1	Manómetro	5		
1	Presostato	4		
1	Depósito de membrana Ø 420 x 750	3		
1	Motobomba Ø 240 x 570	2		
2	Depósito acumulador Ø 1000 x 850	1		
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones	
Observaciones		Título: GRUPO DE PRESIÓN PARA VIVIENDAS		
		Plano nº: c1.e39 Hoja nº: 1 de 4		
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DIBUJO INDUSTRIAL	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:





Esquema funcional
del circuito eléctrico de mandoEsquema circuital de fuerza
para la puesta en marcha
de la bomba

Observaciones		Título: GRUPO DE PRESIÓN PARA VIVIENDAS		Plano nº: c1.e39	
				Hoja nº: 4 de 4	
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA	Dibujado por:	Fecha:	
				Comprobado por:	

Ejercicio 1.40 Circuito amplificador

El diseño de un circuito amplificador incluye los 26 componentes de la tabla siguiente:

Marca	Componente	Identificador	Características
1	Condensador	C6	Electr. 1000 μ F 16 v
2	Resistencia	R1	1000 Ω 1/4 w
3	Resistencia	R5	33 k Ω 1/4 w
4	Transistor NPN	Tr1	BC 148
5	Condensador	C2	80 μ F 16 v electr.
6	Condensador	C1	25 μ F 16 v electr.
7	Condensador	C5	Electr. 100 μ F 16 v
8	Transistor NPN	Tr2	AC 188
9	Resistencia	R13	47 Ω 1/4 w
10	Resistencia	R8	680 Ω 1/4 w
11	Resistencia	R6	150 k Ω 1/4 w
12	Resistencia	R7	1000 Ω 1/4 w
133	Resistencia	R14	1 Ω 1 w
14	Disipador		
15	Transistor PNP	Tr3	AD 161
16	Resistencia	R12	NTC 33 Ω
17	Transistor PNP	Tr4	AD 162
18	Resistencia	R15	1 Ω 1 w
19	Potenciómetro	R4	Potenciómetro 2k2 Ω
20	Resistencia	R9	5k6 Ω 1/4 w
21	Potenciómetro	R11	Potenciómetro 470 Ω
22	Condensador	C4	Electr. 200 μ F 16 v
23	Resistencia	R5	3.3 Ω 1/4 w
24	Resistencia	R2	220 Ω 1/4 w
25	Condensador	C3	2k2 μ F
26	Circuito impreso		Fibra de vidrio 140 x 60

En la vista de la figura 1.40.1 se muestra la distribución de dichos componentes sobre la placa, cuyas conexiones se realizan en el reverso de ésta y vienen dadas en la vista del circuito impreso (figura 1.40.2).

Apartado A

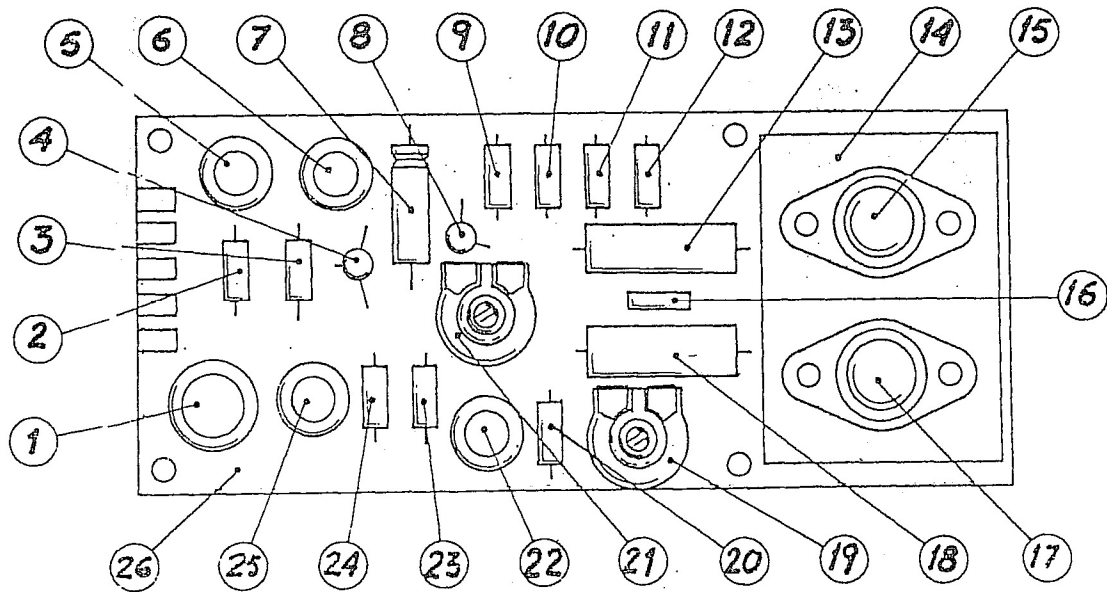
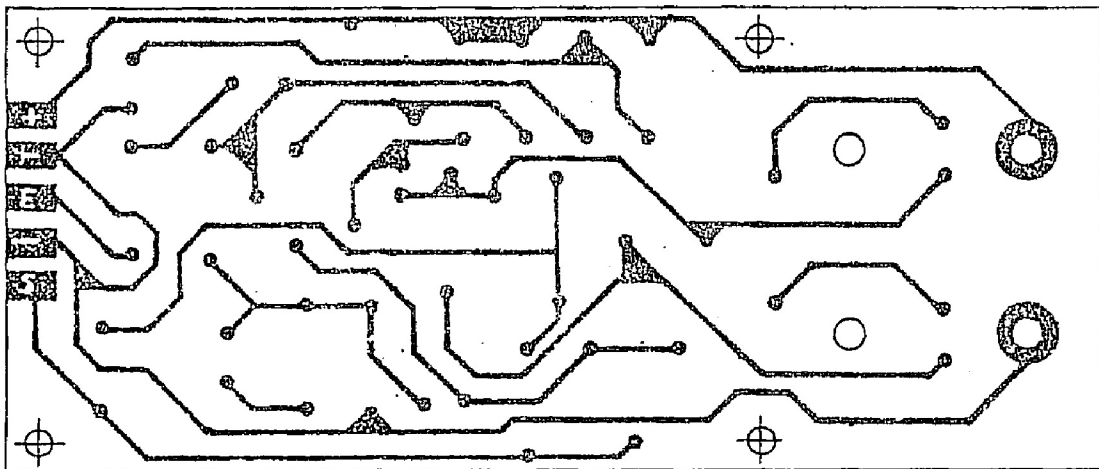
Obtenga el esquema circuital, a partir de la representación simbólica de los componentes colocados con la misma distribución que en la figura 1.40.1.

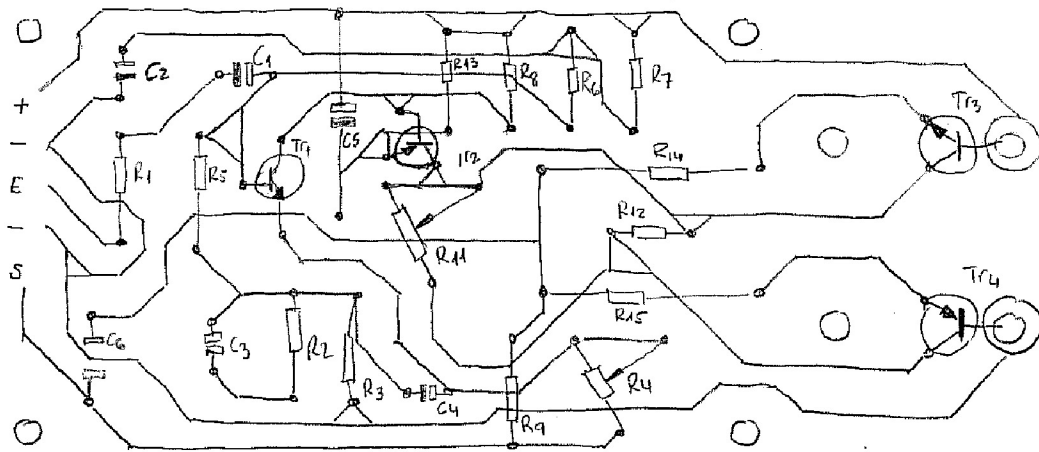
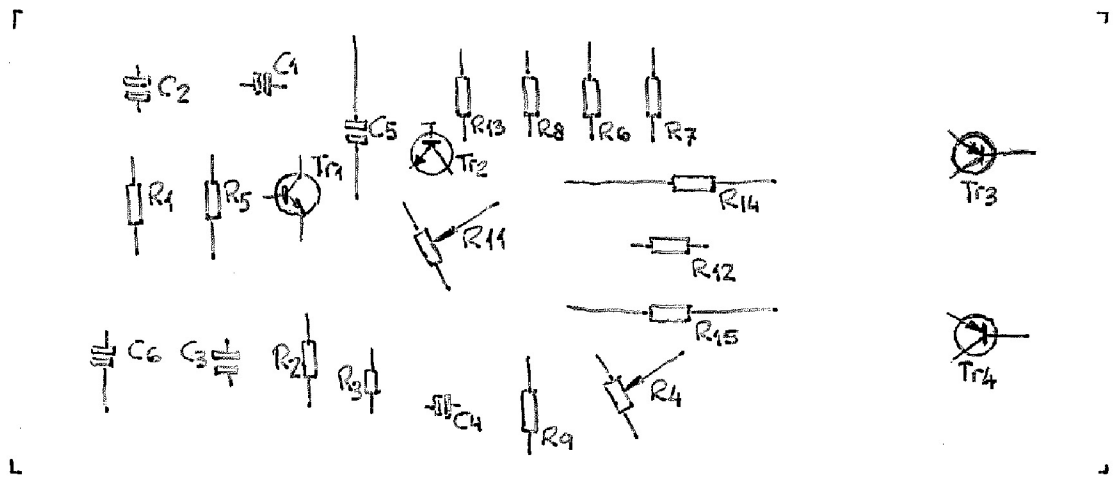
Realice la representación esquemática del amplificador, utilizando símbolos normalizados (o cualquier simbología que considere apropiada) para todos los componentes que lo integran, y acompañando cada símbolo del identificador definido en la tabla anterior.



Los elementos marcas 14 y 26 no deben incluirse en la representación esquemática.

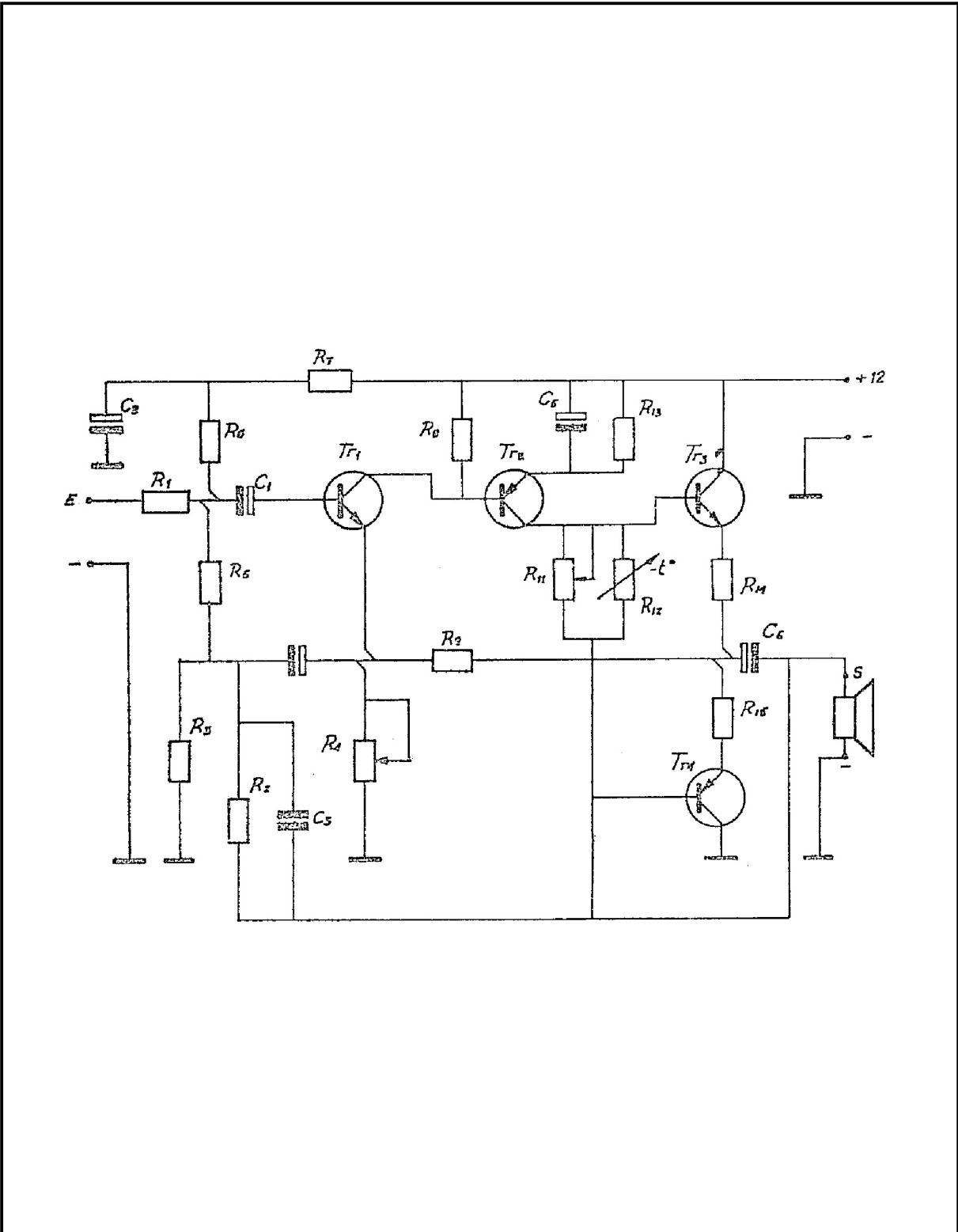
Apartado B



Obtenga el esquema funcional del circuito.

*Figura 1.40.1**Figura 1.40.2*



Observaciones		Título: CIRCUITO AMPLIFICADOR		Plano nº: c1.e40	
				Hoja nº: 1 de 2	
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL MAR	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



Observaciones		Título: CIRCUITO AMPLIFICADOR	Plano nº: c1.e40	
			Hoja nº: 2 de 2	
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 1.41 Molienda de arcillas cerámicas

La figura 1.41.1 representa una instalación básica para la molienda y atomización de arcillas destinada a la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos. Por simplicidad, los elementos previos a la molienda propiamente dicha no se muestran.

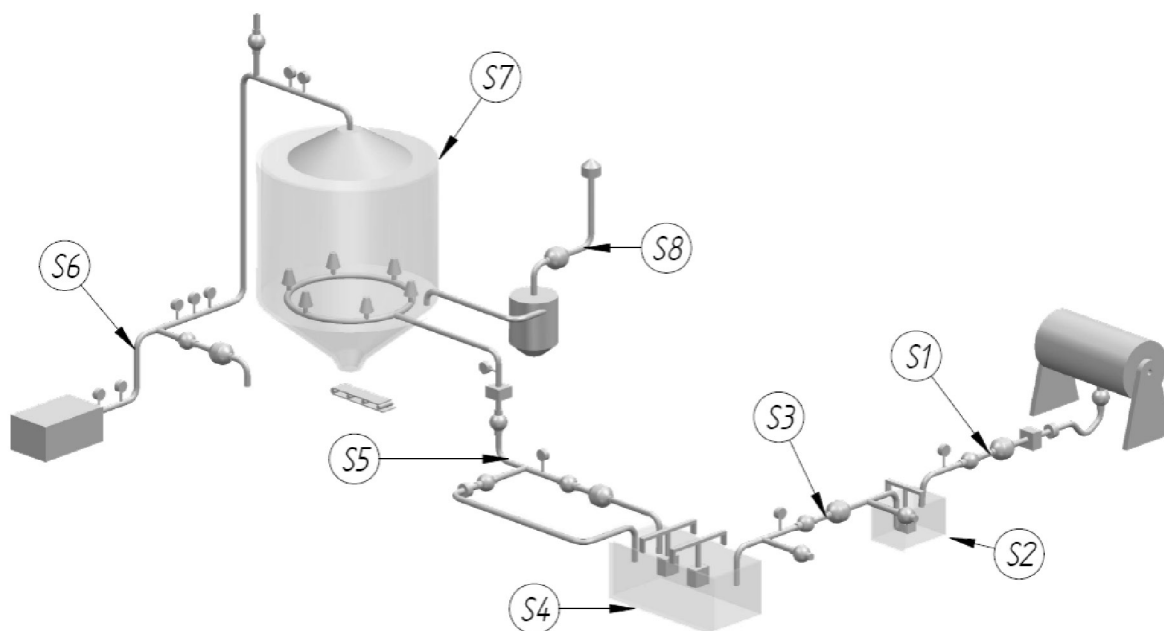


Figura 1.41.1

La instalación se compone de 8 subsistemas:

S1. Molino de bolas y conexión balsa de descarga (figura 1.41.2). En el molino discontinuo (1) de bolas se realiza la molienda de todos los componentes de la composición del soporte cerámico. La descarga de la barbotina (suspensión de arcillas en agua) se realiza a través de una conexión flexible (3) mediante bridas (4) dotada de una válvula de cierre rápido (2). Se conecta a la balsa de descarga (S2) a través de una conducción dotada de un vibrotamiz de 200 micras (5), una bomba hidráulica (6), una válvula de retención (7) y un manómetro (8).

S2. Balsa de descarga (figura 1.41.3). La balsa de descarga (9) es una balsa subterránea destinada a recoger la barbotina tras la molienda. Está dotada de un fluidificador (10) o agitador mecánico para evitar la deposición de los materiales por capas.

S3. Conexión balsa descarga / balsa pulmón (figura 1.41.4). La conducción que conecta la balsa de descarga con la balsa pulmón (S4) se compone de una bomba hidráulica (11), una válvula de retención (12) y un manómetro (13). Antes y después de estos tres elementos existen sendas derivaciones dotadas de válvulas de cierre rápido (14 y 15) para la limpieza de la instalación.

S4. Balsa pulmón (figura 1.41.5). La balsa pulmón (16) es una balsa subterránea destinada a alimentar de barbotina al atomizador (S7). Está dotada de dos fluidificadores (17) o agitador mecánico para asegurar un suministro de mezcla homogénea.

S5. Conexión balsa pulmón / atomizador (figura 1.41.6). La conducción que une la balsa pulmón con el atomizador (S7) está provista de una bomba hidráulica (18), una válvula de retención (19) y un manómetro (20). Tras estos tres elementos existe una derivación para limpieza dotada de una válvula de cierre rápido (21) y unión bridada (22) que descarga en la balsa pulmón. Tras esta derivación, la conducción tiene una válvula de cierre rápido (23), un filtro (24) y un caudalímetro (25). La conducción finaliza dentro del atomizador en un anillo dotado de 6 boquillas o difusores (26).

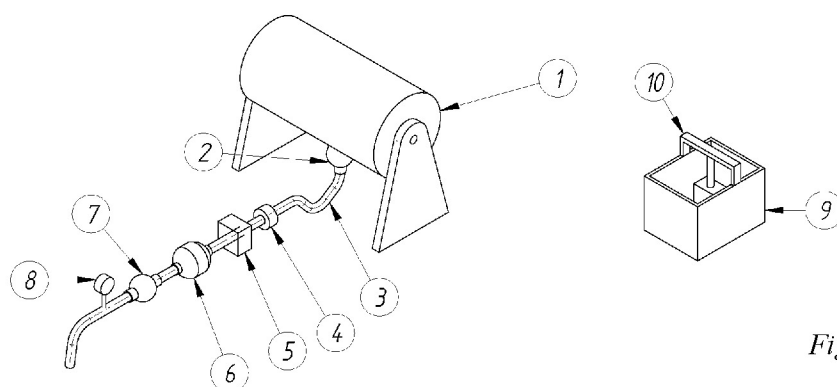


Figura 1.41.3

Figura 1.41.2

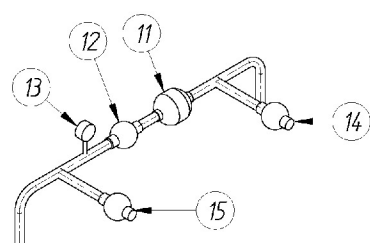


Figura 1.41.4

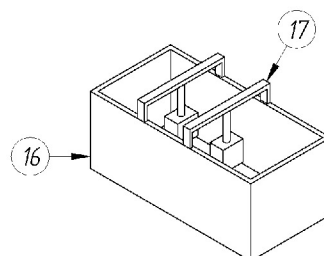


Figura 1.41.5

S6. Instalación de cogeneración (figura 1.41.7). El cogenerador (27) genera energía eléctrica a través de una turbina (detalles no incluidos en la representación por no ser de relevancia para su funcionamiento). Los gases a alta temperatura que salen de la turbina como subproducto de la generación de energía eléctrica son los que se aprovechan para el secado de la barbotina en el atomizador. Son conducidos al mismo a través de una conducción que se compone de un manómetro (28) y un termómetro (29). Tras ellos existe una conexión para la alimentación de aire dotada de una válvula de cierre rápido (30) y una bomba neumática (31). Tras ella un caudalímetro (32), un termómetro (33) y un manómetro (34). En el punto más alto de la instalación hay una derivación para purga dotada de una válvula de compuerta (35). Tras ella, un manómetro (36) y un termómetro (37).

S7. Atomizador (figura 1.41.8). El sistema de atomizador consta del atomizador (38) propiamente dicho, que no es más que un volumen cerrado en el que se seca la barbotina. A través de un difusor (39) en su parte superior entran los gases calientes provenientes de la instalación de cogeneración. El agua que contiene la barbotina dispersada por las boquillas se evapora en contacto con los gases, que son extraídos por el sistema de extracción de gases (S8). Las arcillas secas (polvo atomizado) caen a una cinta transportadora (40) por la parte inferior del atomizador.

S8. Extractor de gases (figura 1.41.9). Este sistema extrae los gases y vapor de agua del secado. Consta de un ciclón (41) para depurar las fracciones sólidas que puedan quedar suspendidas en los gases, una bomba neumática (42) y una chimenea (43).

Apartado A

Dibuje la disposición esquemática de la instalación descrita.

Apartado B

Dibuje, en perspectiva isométrica (norma ISO 6412-2), la misma disposición esquemática del apartado A. La representación debe acotarse. Como referencia para realizar el dimensionado del equipo,

se puede suponer que las representaciones de las figura 1.41.2 a la 1.41.9 corresponden a una axonometría a escala 1/100

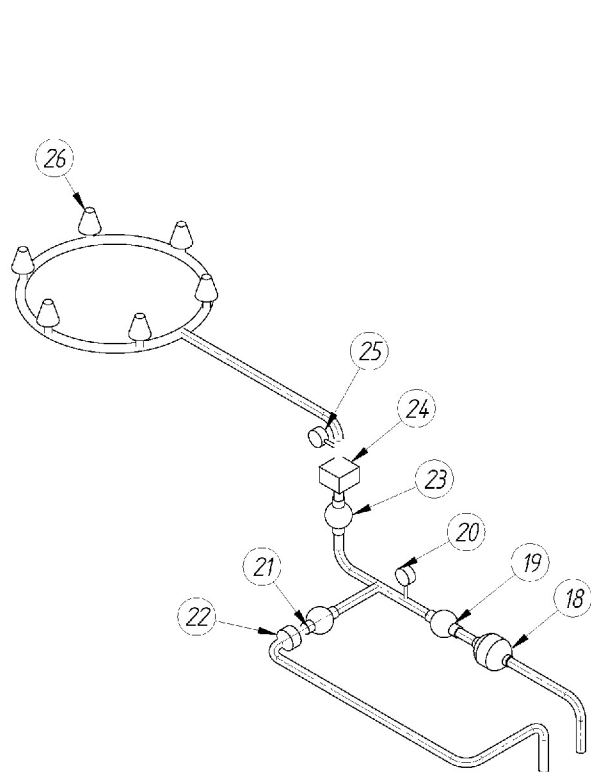


Figura 1.41.6

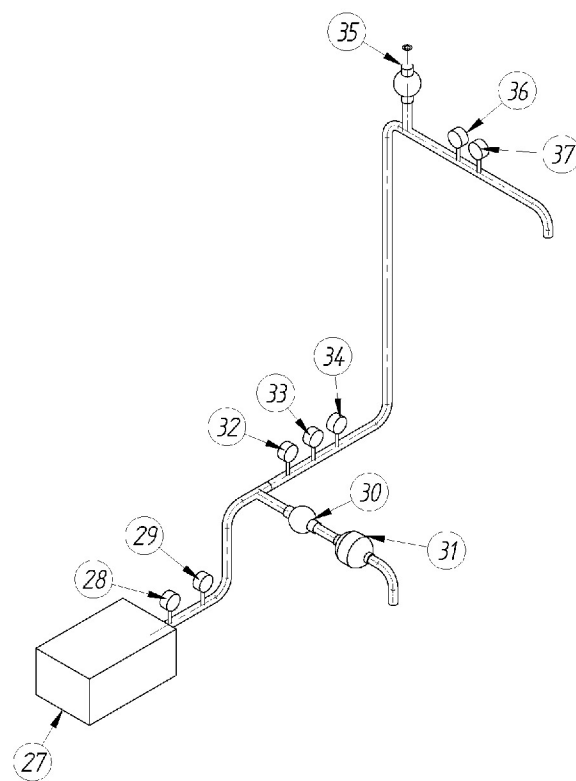


Figura 1.41.7

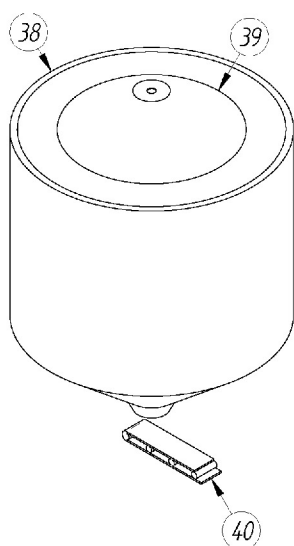


Figura 1.41.8

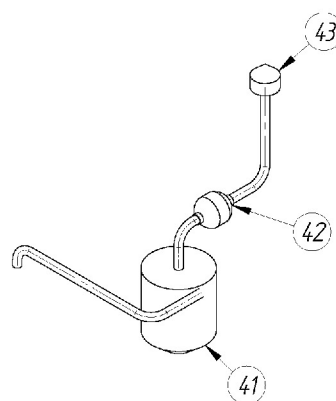
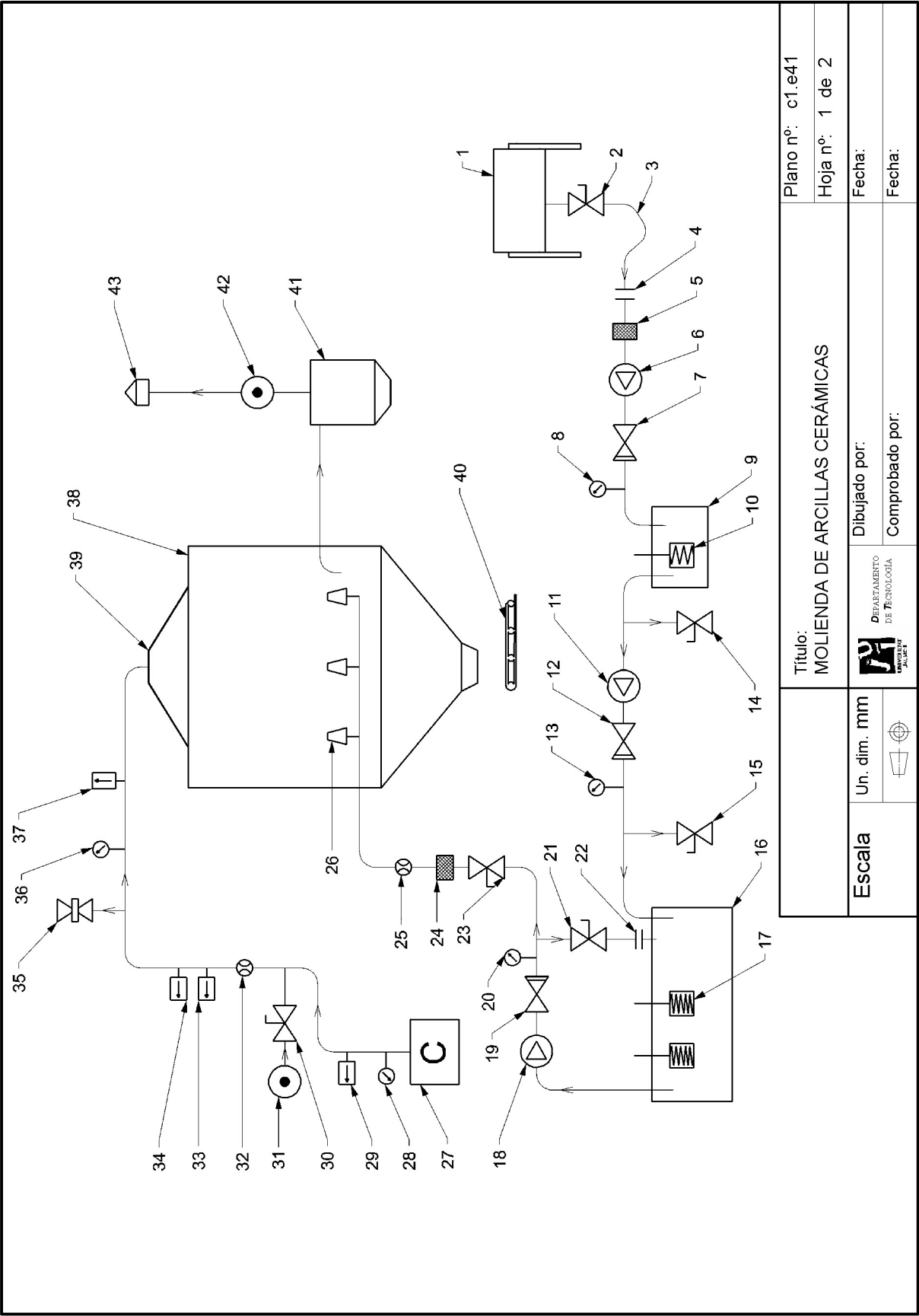
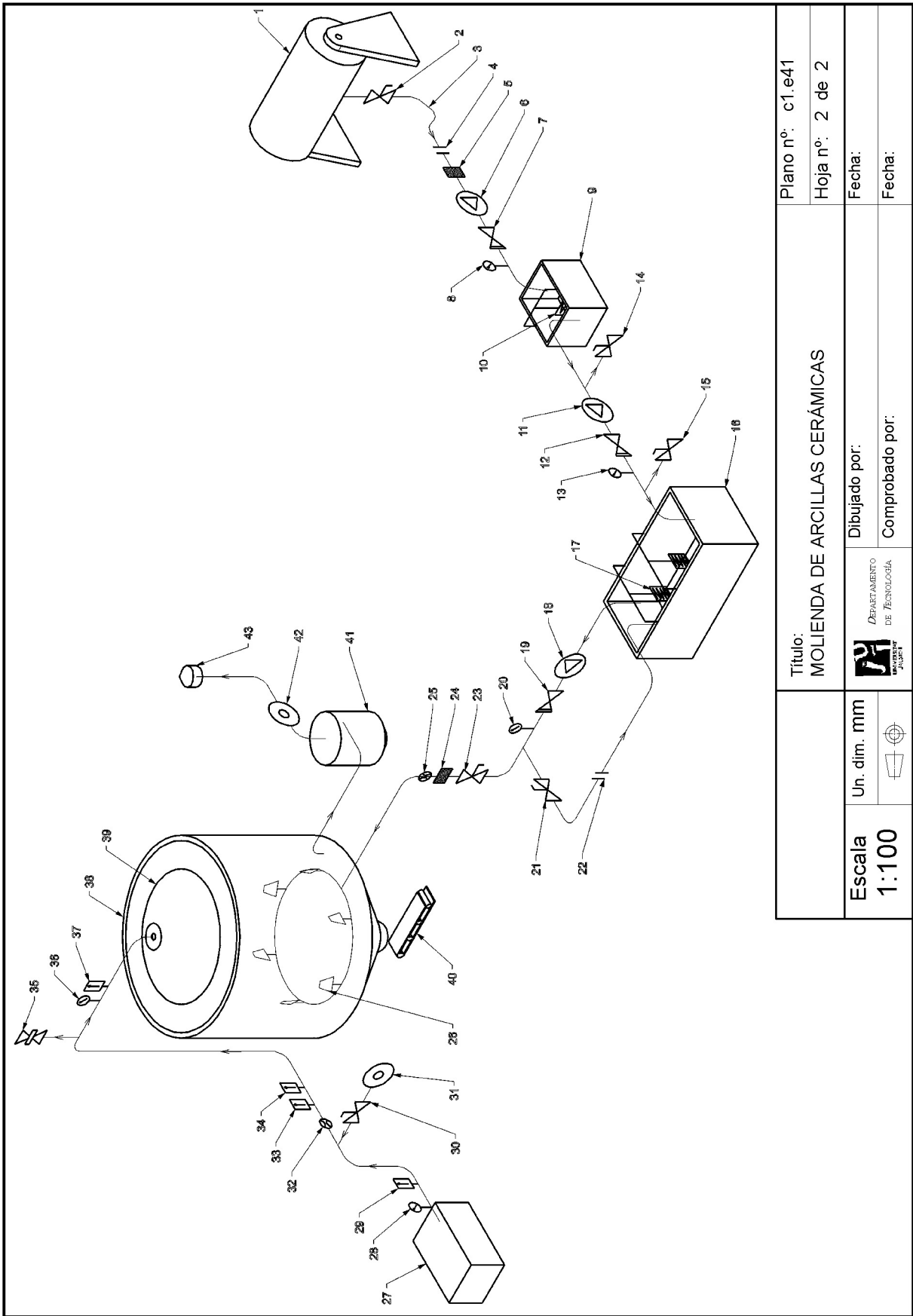


Figura 1.41.9



Título: MOLIENDA DE ARCILLAS CERÁMICAS		Plano nº: c1.e41	
Un. dim. mm		Hoja nº: 1 de 2	
Escala		Fecha:	
Dibujado por:		Fecha:	
Comprobado por:			



Ejercicio 1.42 Accionamiento neumático

En la figura 1.42.1 se esquematiza un dispositivo para taladrar con accionamiento neumático. El dispositivo funciona según las siguientes fases:

- a) El cilindro de simple efecto 1 sitúa la pieza en posición, empujándola desde la cinta transportadora hasta la bandeja del dispositivo.
- b) Los cilindros de doble efecto 2 y 3 actúan inmovilizando la pieza.
- c) El cilindro de doble efecto 4 sitúa la taladradora en su posición de trabajo.
- d) Tras el taladrado, el cilindro 4 devuelve a la taladradora a su posición de reposo.
- e) La pieza queda liberada al volver los cilindros 2 y 3 a su posición de reposo.
- f) El cilindro de simple efecto 5 devuelve la pieza a la cinta transportadora.

Las fases a y b las inicia un operador pulsando, respectivamente, una válvula 3/2 (3 vías / 2 posiciones) y una válvula 5/2 con control manual y retorno por muelle. Las fases c y d se suceden automáticamente, tras iniciar manualmente la fase b. Para ello, se sitúa una válvula 3/2 con retorno por muelle y detector de fin de carrera al final del recorrido de la pinza accionada por 2 y al final del recorrido de 4. Ambas válvulas actúan sobre un válvula distribuidora 5/2 pilotada, que es la que acciona al cilindro 4. Por último, la fase f también se inicia cuando el operador pulsa una válvula 3/2 con retorno por muelle.

Apartado A

Dibuje a mano alzada la disposición esquemática del dispositivo neumático descrito.

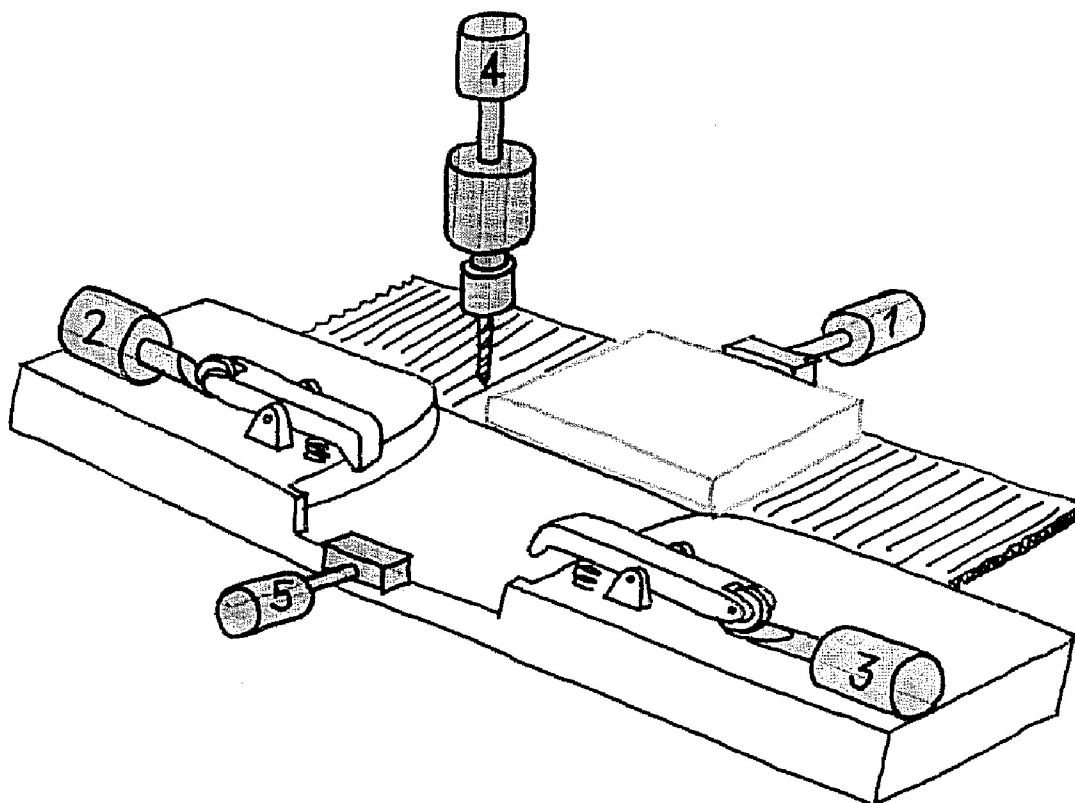


Figura 1.42.1

Ejercicio 1.43 Instalación eléctrica de una vivienda

En la figura 1.43.1 se da un croquis de la distribución de una vivienda. En la figura 1.43.2 se ha completado la distribución y tabiquería con una posible disposición de mobiliario, que ayuda a conocer la función de cada estancia, y la posición más apropiada de los elementos eléctricos.

- La instalación eléctrica que se ha diseñado es de bajo nivel de electrificación, y contiene los siguientes componentes:
- En el recibidor debe estar la acometida general, que está esquematizada en la figura 1.43.3, donde se observa que se han diseñado circuitos independientes para alumbrado, tomas de fuerza y resto de tomas de corriente. Además, debe tener un punto de luz accionado por un interruptor simple.
- En la cocina debe haber tres tomas de fuerza, colocadas en la pared exterior; un interruptor que acciona un tubo fluorescente centrado; una toma de corriente junto a la puerta y otra toma de corriente sobre el banco.
- En el baño debe haber un interruptor junto a la puerta, para accionar una luz incandescente centrada. Debe haber un segundo interruptor que acciona un segundo punto de luz sobre el espejo del lavabo. Junto a él debe haber una toma de corriente.
- En el dormitorio 1 debe haber un punto de luz centrado, accionado por dos conmutadores: uno junto a la puerta y el otro junto a la cabecera de la cama, donde también debe haber una toma de corriente. El dormitorio 2 tiene una instalación semejante.
- En el dormitorio 3 se debe instalar una luz central gobernada por tres conmutadores sincronizados: uno junto a la puerta y los otros dos sobre las dos mesillas de noche. El esquema circuital se muestra en la figura 1.43.4. También se deben instalar tomas de corriente sobre las dos mesillas de noche.
- En el pasillo debe haber un punto de luz central, gobernado por dos conmutadores: uno situado en el salón y otro situado junto a la puerta del dormitorio 2.
- En el salón debe haber dos puntos de luz con interruptores independientes, situados junto a la puerta de separación del salón y el recibidor. Un punto de luz debe estar sobre la mesa de comedor, y el otro sobre la mesita. Además debe haber tres tomas de corriente, situadas, respectivamente, en la pared de separación con el dormitorio 1, en la pared de separación con la terraza y en la pared exterior.
- La terraza debe tener un punto de luz situado en la pared, junto a la puerta. El interruptor debe estar junto a la puerta, pero en la parte interior.

Debe ponerse al menos una caja de registro en cada estancia. Deben añadirse nuevas cajas en los puntos donde se ramifique el circuito o donde se prevean codos o conductos muy largos que dificulten el paso de los cables.

Apartado A

Dibuje la disposición esquemática de la instalación eléctrica de la vivienda. Dibuje el esquema unifilar aislado, y el mismo esquema superpuesto al croquis de la distribución de la vivienda dado en la figura 1.43.1.

Apartado B

Dibuje el esquema unifilar de la instalación eléctrica, distinguiendo los circuitos de alumbrado, tomas de corriente y tomas de fuerza. Deben detallarse las ramificaciones de los circuitos que se producen en cada una de las cajas de registro.

Apartado C

Dibuje el esquema multifilar de la instalación eléctrica del dormitorio 3. Realice también un esquema en perspectiva de la instalación, indicando las cotas principales de ubicación de los componentes eléctricos.

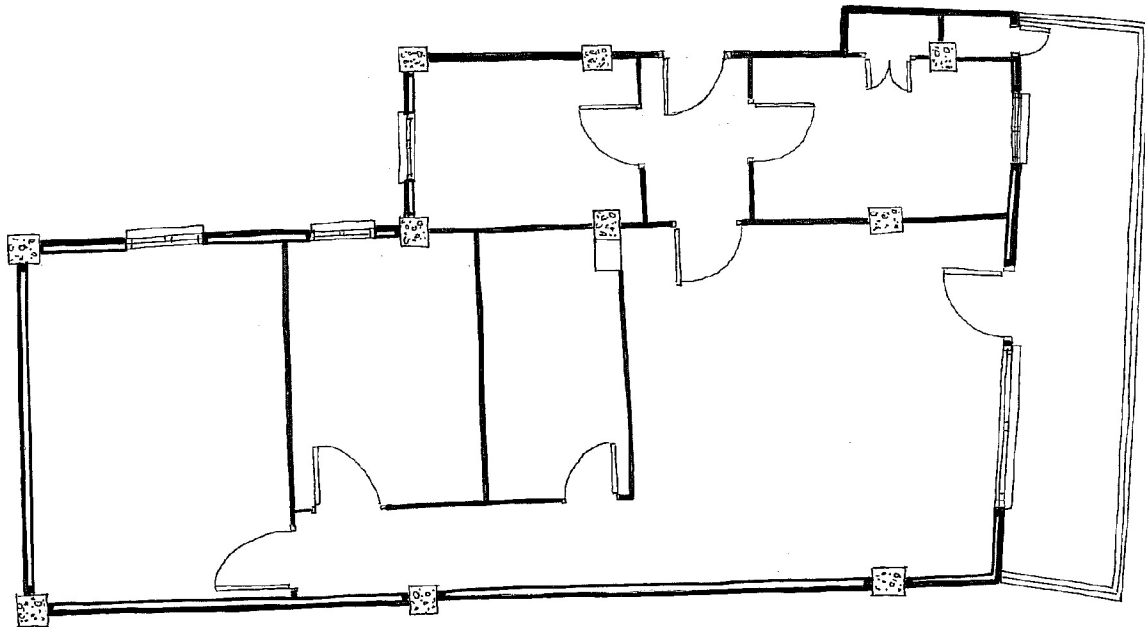


Figura 1.43.1

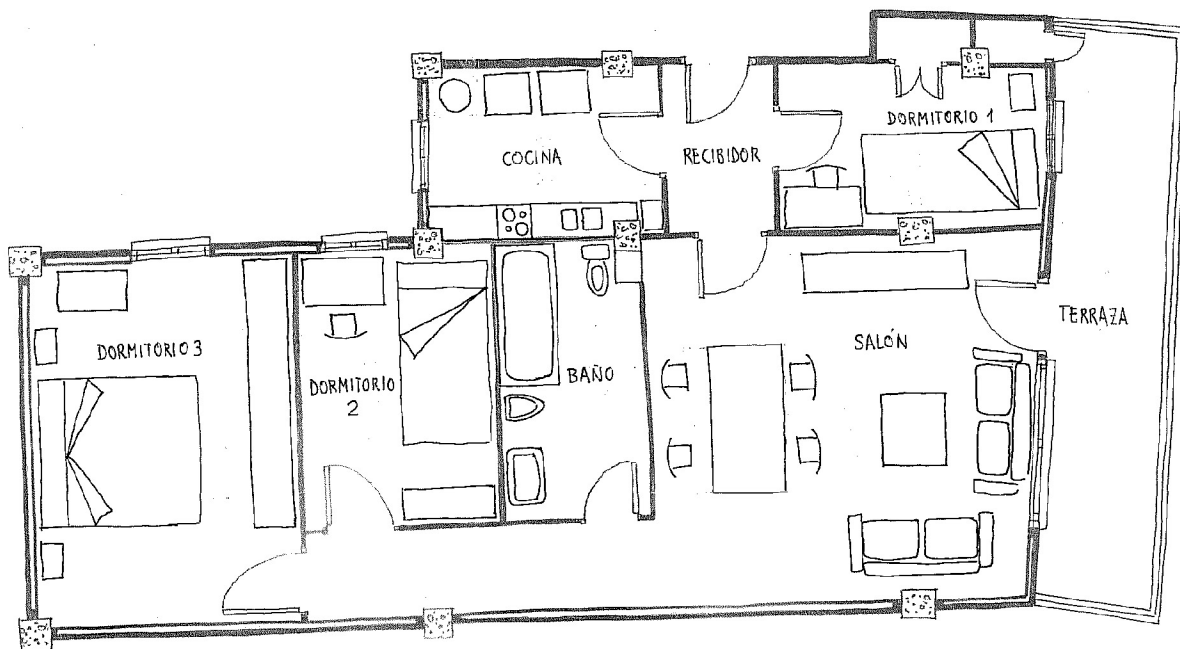


Figura 1.43.2

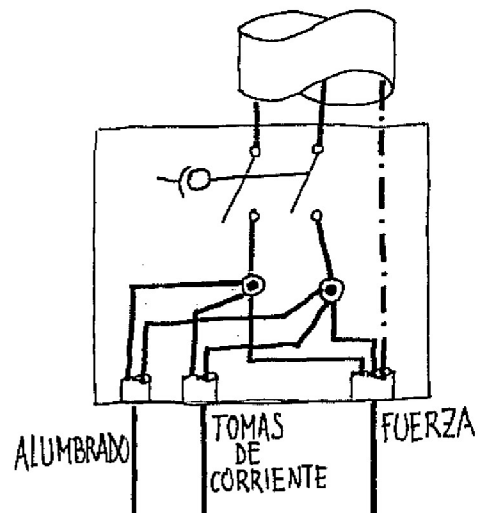


Figura 1.43.3

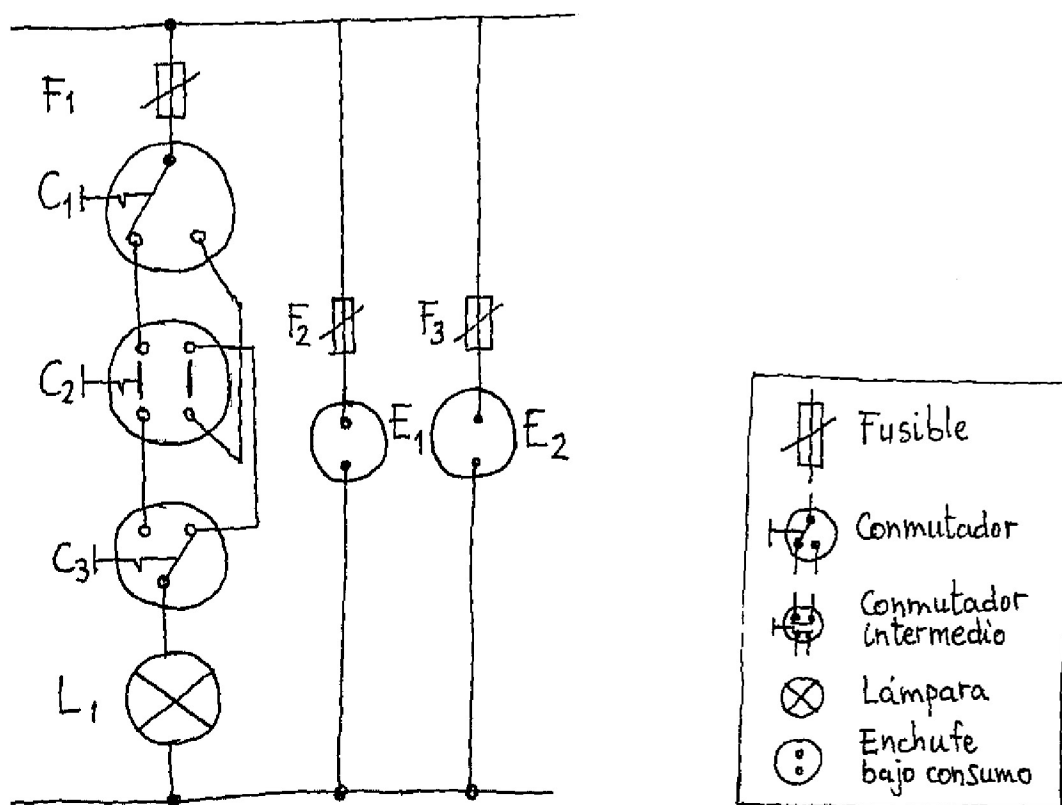
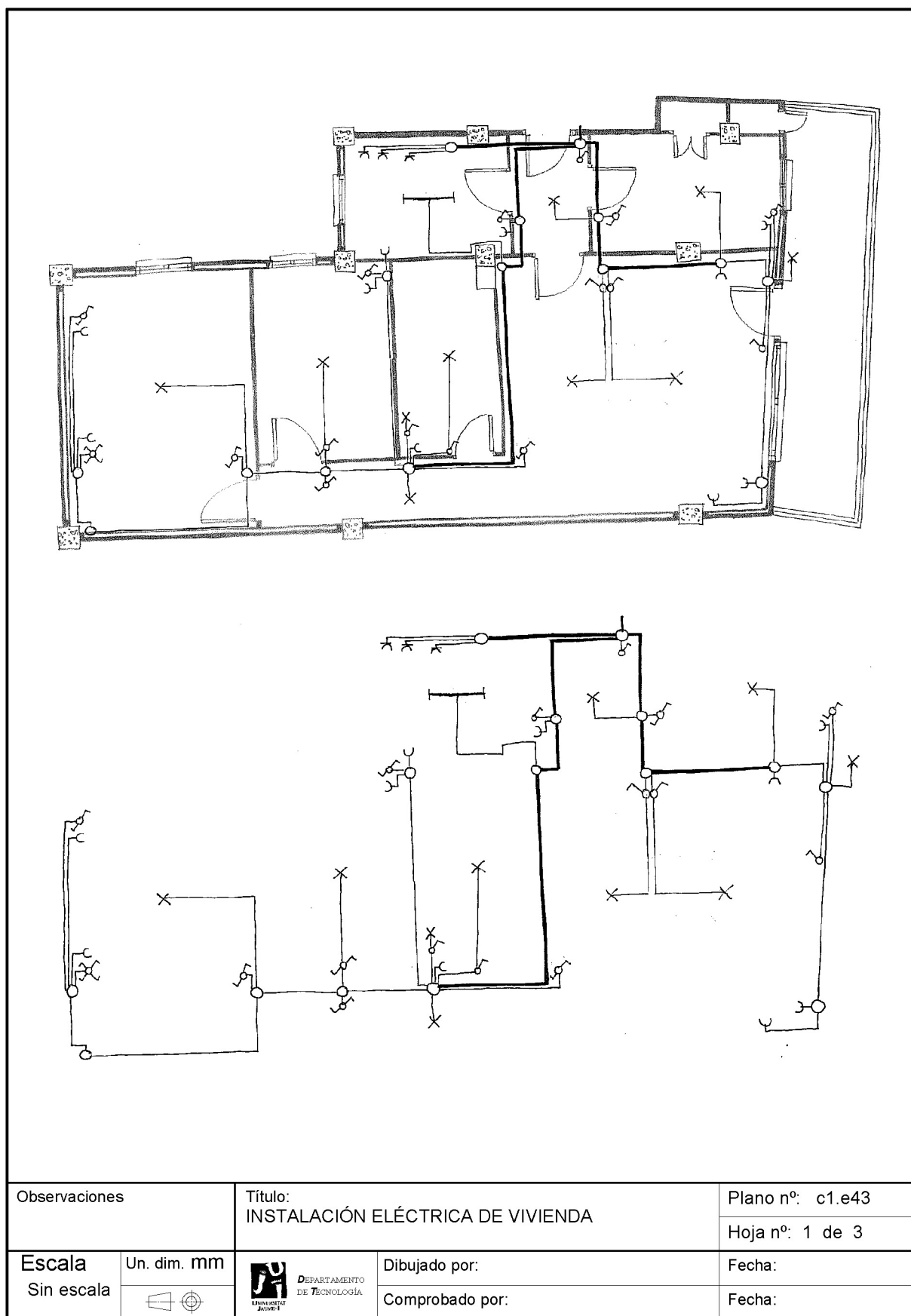
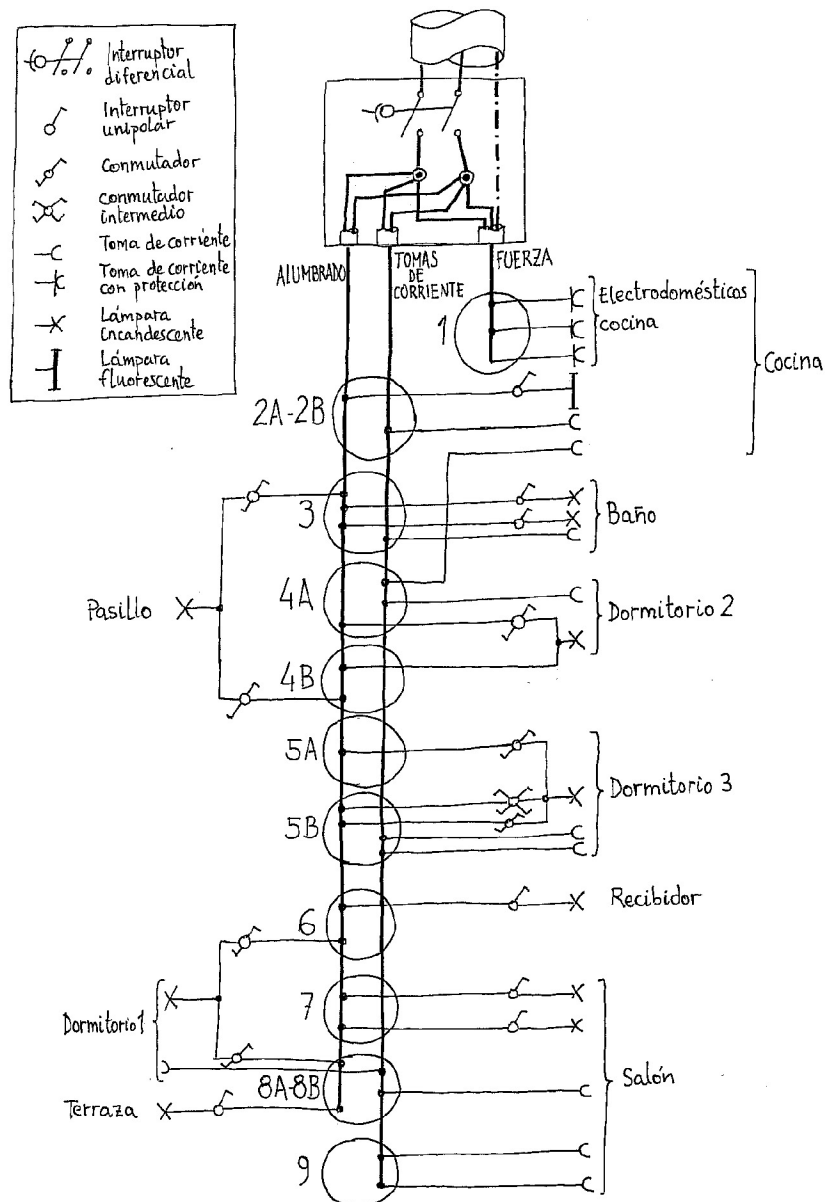
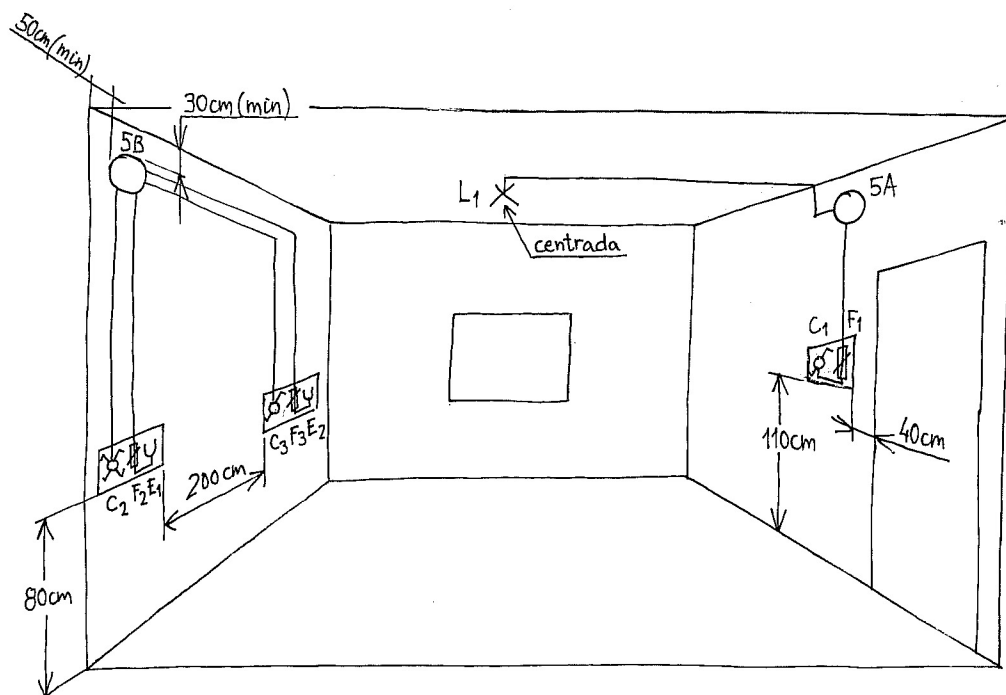
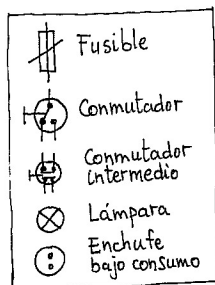
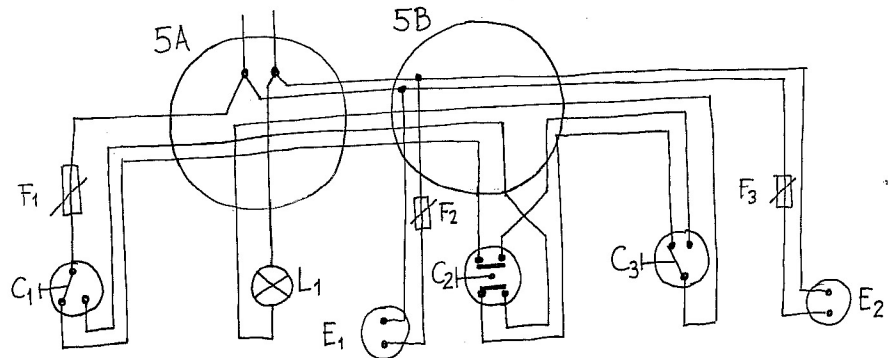


Figura 1.43.4

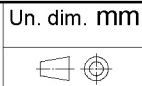




Observaciones		Título: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE VIVIENDA		Plano nº: c1.e43
				Hoja nº: 2 de 3
Escala 1:20	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE VIVIENDA		Plano nº: c1.e43
Escala 1:20		Dibujado por: Comprobado por:		Hoja nº: 3 de 3 Fecha: Fecha:



DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Ejercicio 1.44 Mesa de oficina

Se ha diseñado una mesa de oficina que consta de los siguientes componentes:

- Tablero de conglomerado de madera de 70 x 120 cm y 3 cm de espesor, con chapeado de pino y con cornisas en arco de circunferencia de radio 2 cm.
- Montantes de conglomerado de madera de 3 cm de espesor, con chapeado de pino. Sus dimensiones son 72 cm de alto y 68 cm de ancho. Los cantos laterales están redondeados con radio 0,5 cm. Tienen tres agujeros en los que encajan los tacos laterales y los tornillos de fijación a los travesaños.
- Frontal de conglomerado de madera de 3 cm de espesor, con chapeado de pino. Sus dimensiones son 45 x 120 cm. Se sujeta a cada uno de los dos montantes mediante dos espigas de 8 mm de diámetro que se encajan en sendos agujeros uniformemente separados. Se coloca de forma que su borde superior quede a 12 cm del tablero superior.
- Dos travesaños superiores de perfil de acero laminado en frío de sección rectangular de 20 x 40 mm, con espesor de 2,5 mm. El canto mayor se coloca vertical. Los travesaños tienen cuatro taladros verticales, pasantes, uniformemente espaciados, para atornillar el tablero mediante ocho tirafondos. Se colocan de forma que su cara superior quede enrasada con la cara inferior del tablero, y entre ambos travesaños se deja una separación de 50 cm.
- Un travesaño inferior de perfil de acero laminado en frío de sección rectangular de 20 x 40 mm, con espesor de 2,5 mm. El canto mayor se coloca vertical. El eje del travesaño debe quedar a 15 cm de altura respecto a la base de los montantes, y a 25 cm de la cara exterior del tablero frontal. El travesaño inferior se completa con: a) un montante de soporte de la cajonera (del mismo perfil de acero laminado en frío) y b) una pletina de acero de 2,5 mm de espesor y contorno rectangular de 20 x 80 mm, con dos taladros para atornillar sendos tirafondos a la base de la cajonera. El travesaño, el montante y la pletina se fijan mediante soldadura, por lo que se consideran como un mismo subconjunto.
- Una pletina reposapiés de aluminio de 4 mm de espesor, con sección recta en forma de U invertida, que cubre el lado superior y los dos laterales del travesaño inferior. Tiene una longitud de 60 cm y se coloca en la mitad derecha del travesaño inferior, sujeta mediante dos tornillos uniformemente repartidos en el lado superior.
- Cajonera para dos cajones de 14 x 45 cm de frontal y 50 cm de profundidad. Se trata de un subconjunto formado por seis tableros de conglomerado de 2 cm de espesor, con chapeado de pino. Las guías y los cajones no se representan. La cajonera se sujeta al montante izquierdo mediante cuatro tornillos uniformemente espaciados. Se coloca de manera que quede a 25 cm de la parte inferior del montante.

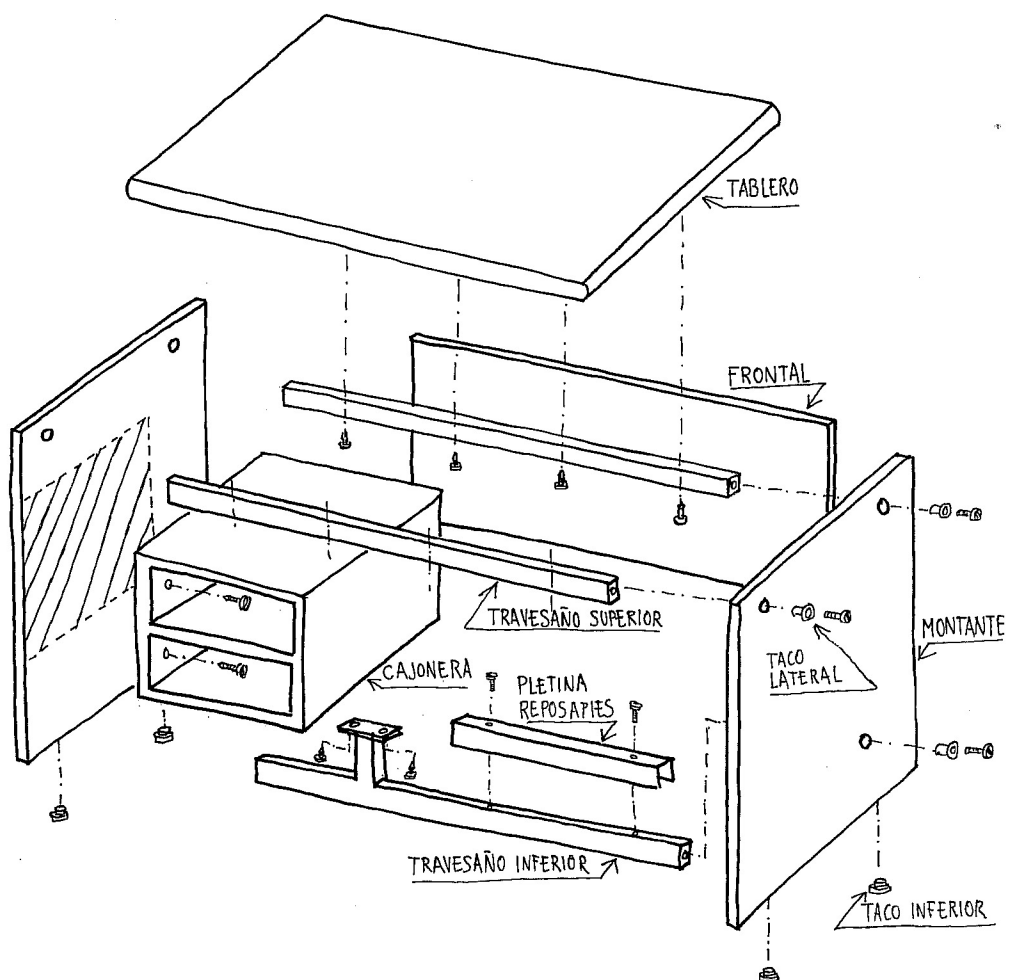
Los tres travesaños tienen sus extremos rematados con un taco metálico que permite roscar los tres tornillos que sujetan cada montante a los travesaños. Se trata de tornillos de cabeza cilíndrica con vaciado hexagonal, tipo *allen* y rosca métrica de 5 mm. En los agujeros de los montantes se colocan tacos de plástico negro que sirven para alojar la cabeza de los tornillos y como elemento ornamental de la propia mesa.



Se disponen dos tacos inferiores en cada lateral, para evitar que éstos apoyen directamente sobre el suelo, y para ajustar el asiento de la mesa sobre el suelo.

Apartado A

Realice un boceto en perspectiva explotada para mostrar la secuencia de montaje de la mesa.

El boceto debe ir acompañado de leyendas que identifiquen los diferentes componentes.



Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones	Título: MESA DE OFICINA		Plano nº: c1.e44
			Hoja nº: 1 de 1
Escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL MAR	Fecha:
Sin escala			Fecha:

Dibujado por:

Comprobado por:

Ejercicio 1.45 Recipiente de sobremesa para desperdicios

Se quiere diseñar un pequeño recipiente para desperdicios de cocina. El recipiente se va a colocar sobre el banco de la cocina, por lo que debe tener un aspecto atractivo y debe ser de pequeño tamaño. Los criterios principales de diseño son:

- Debe constar de dos piezas: el propio recipiente o contenedor y una tapa.
- Las dos piezas deben realizarse en plástico tipo PVC, mediante inyección en molde. El recipiente se hará en color gris metalizado y la tapa en color negro.
- Debe tener una línea *soft*, es decir, debe tener formas redondeadas, y no debe tener huecos de difícil acceso, para que sea sencillo de limpiar.
- Debe tener un asa integrada en el propio recipiente.
- Las dos partes de la bisagra desmontable deben estar integradas en el recipiente y la tapa respectivamente.
- Debe tener una capacidad aproximada de 3 litros.

Apartado A

Realice los bocetos necesarios para el diseño conceptual de un recipiente para desperdicios que cumpla los requisitos indicados arriba.

Los bocetos deben ir acompañados de breves anotaciones que justifiquen las soluciones adoptadas para cumplir los criterios dados.

Apartado B

Realice el modelo sólido del recipiente y obtenga un conjunto de representaciones realistas.

Apartado C

Obtenga los planos de diseño de detalle.

TAPA

Diámetro mayor que la boca del recipiente para que el borde sirva de asa

Casquete esférico para obtener un contorno "soft"

CONTENEDOR

Vaciado en casquete elipsoidal para integrar el asa y la bisagra de la tapa

Perfil elipsoidal para obtener un contorno "soft"

Boca coincidente con diámetro máximo para mejor acceso al interior

20°

Base inclinada para romper la doble simetría del elipsoide y facilitar el volcado de restos

Casquete esférico para obtener un contorno "soft"

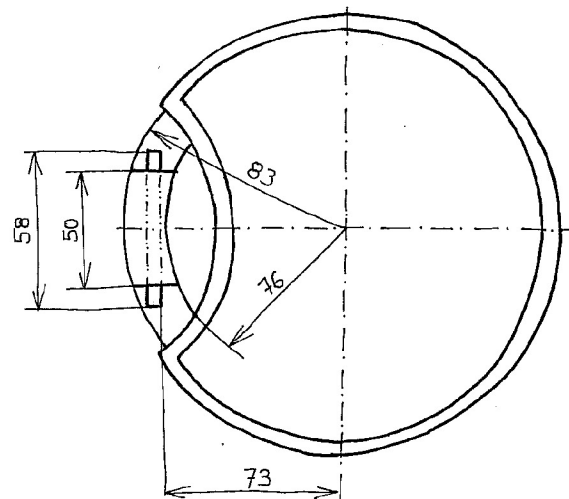
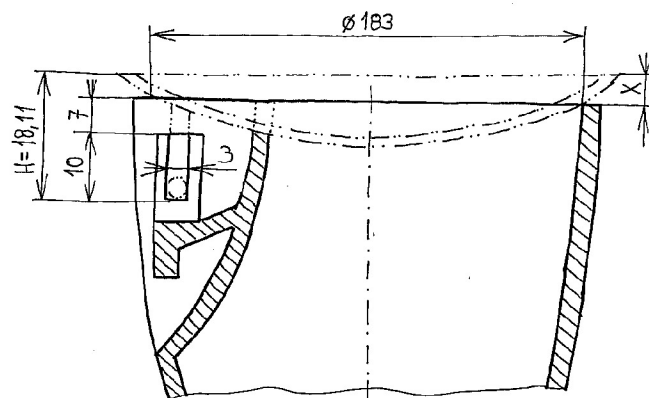
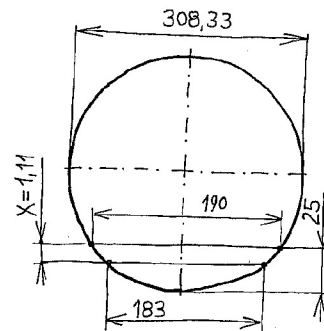
Capacidad $\simeq \frac{\text{Volumen elipsoide}}{2} - 15\% = \frac{2}{3} \pi \cdot a \cdot b \cdot b$



Tomando $a \simeq 2b \Rightarrow \text{Capacidad} = \frac{4}{3} \pi \cdot b^3 \simeq 3 \text{ litros} \Rightarrow b \simeq 90 \text{ mm}$

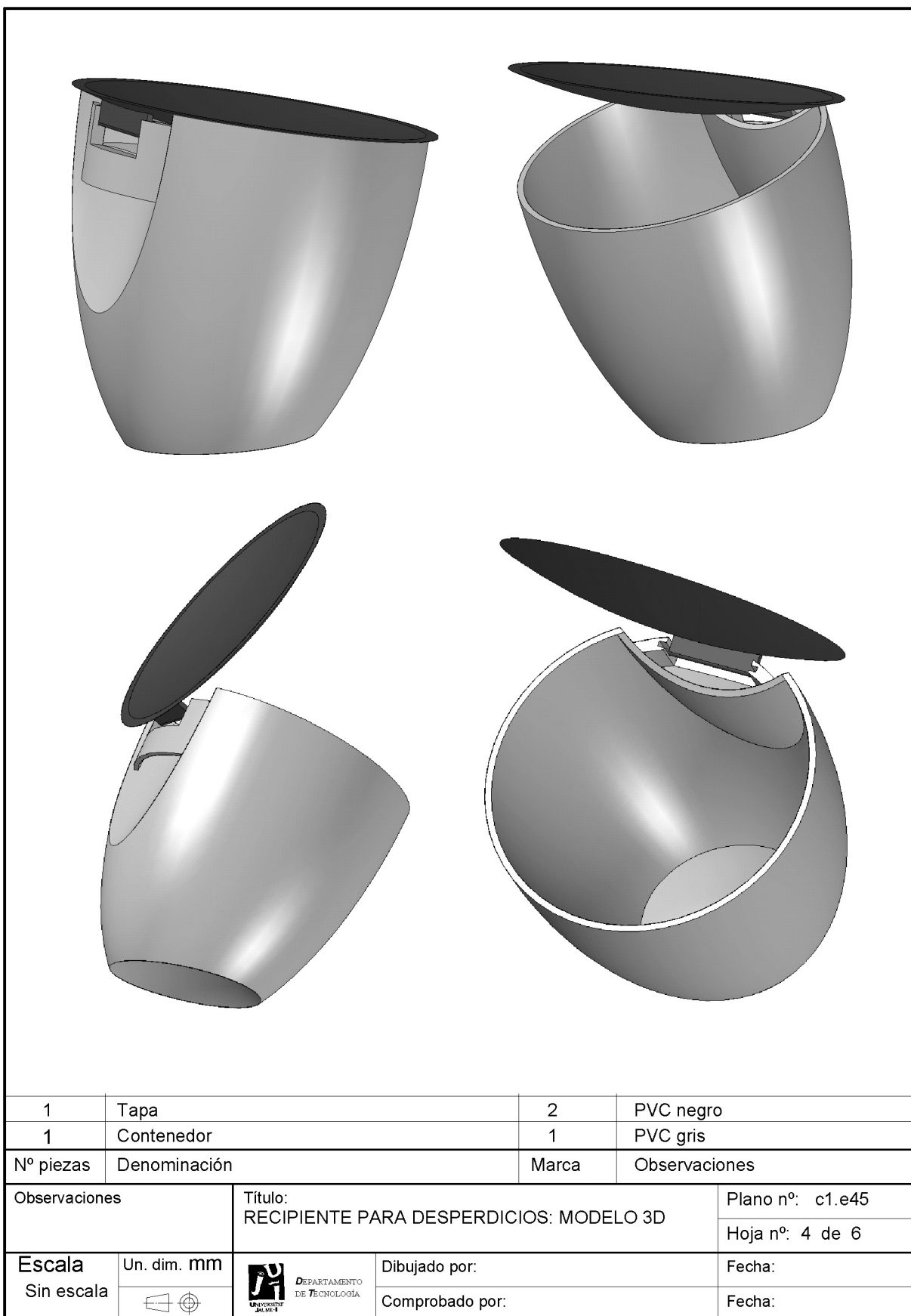
1	Tapa	2	PVC negro
1	Contenedor	1	PVC gris
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones	Título: RECIPIENTE PARA DESPERDICIOS: CRITERIOS DE DISEÑO		Plano nº: c1.e45
			Hoja nº: 1 de 6
Escala	Un. dim. mm	Dibujado por:	Fecha:
Sin escala		Comprobado por:	Fecha:

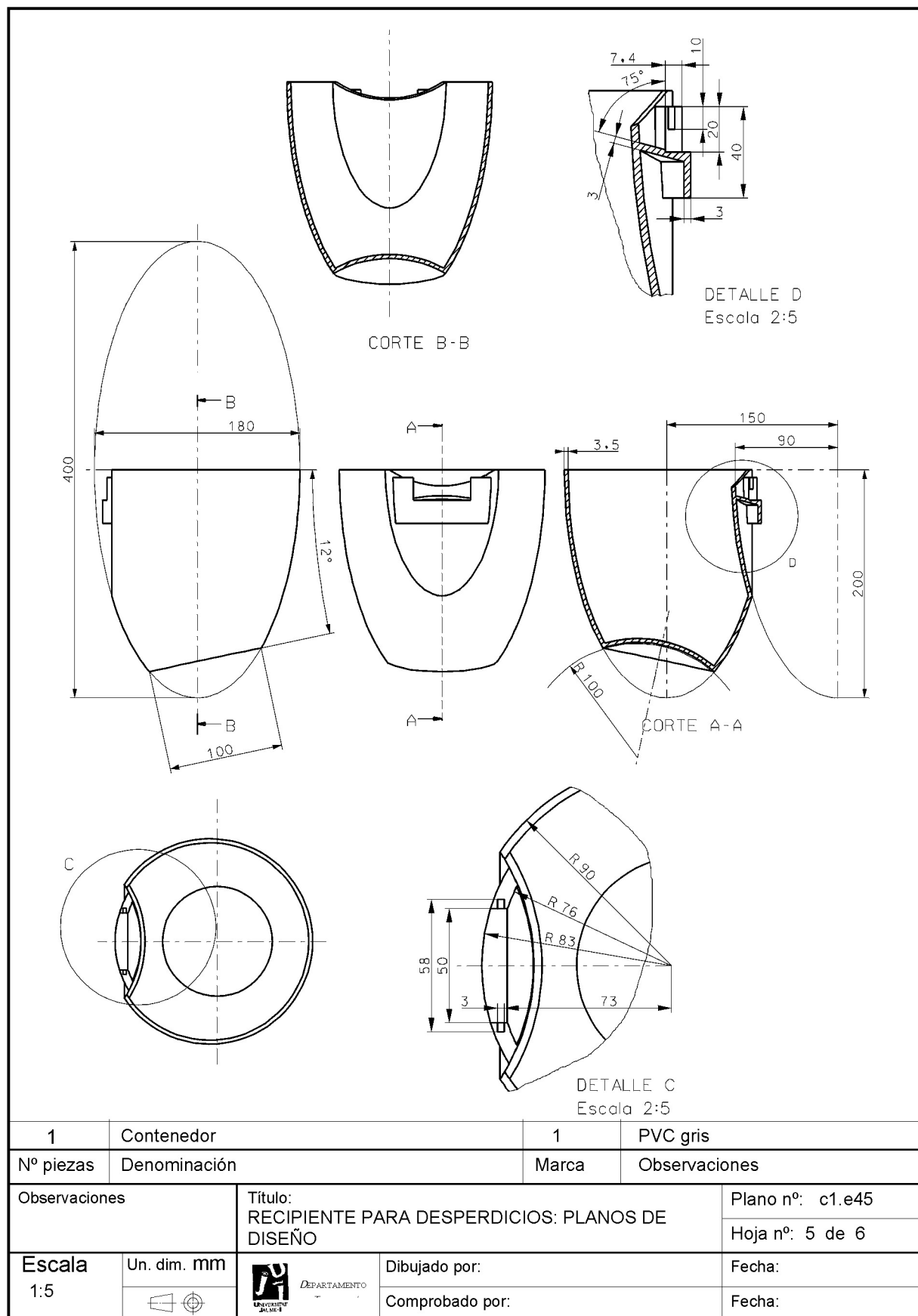
Detalle A

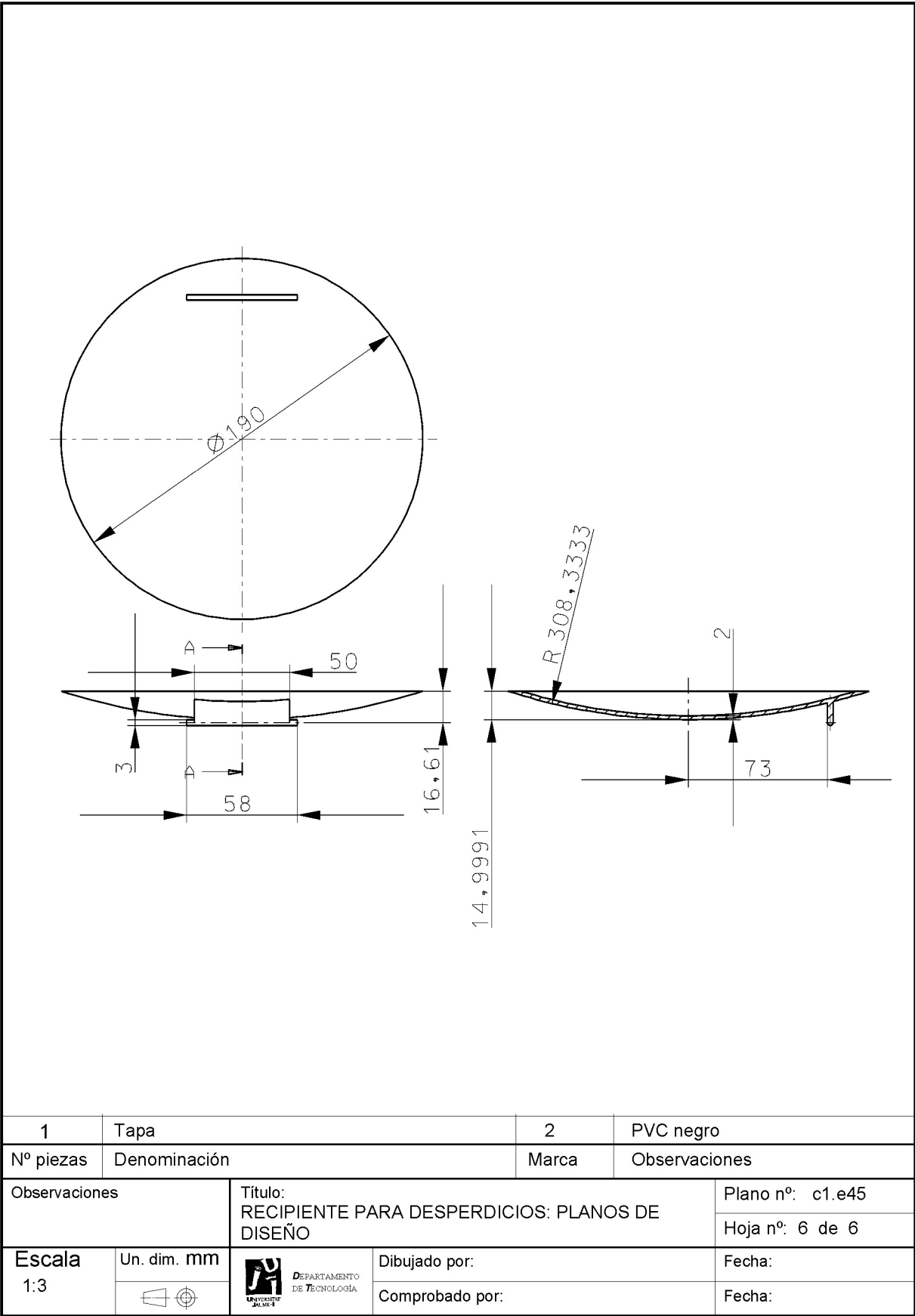
Bisagra y asa



1	Tapa	2	PVC negro
1	Contenedor	1	PVC gris
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: RECIPIENTE PARA DESPERDICIOS: DISEÑO PRELIMINAR	Plano nº: c1.e45
			Hoja nº: 3 de 6
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:







2

**DIBUJO
DE FABRICACIÓN
Y PUESTA EN OBRA**

En muchas ocasiones, el mismo dibujo técnico usado previamente en la fase de modelado del producto puede usarse después para transmitir las especificaciones de construcción (fabricación y montaje) y puesta en servicio. Para ello, es necesario ampliar el lenguaje gráfico utilizado en la fase de modelado añadiendo un conjunto de símbolos.

Tanto los símbolos apropiados como sus normas de aplicación e interpretación son complejos, porque las especificaciones de fabricación, montaje y puesta en servicio sirven para indicar procedimientos recomendados o exigidos para que el producto se pueda fabricar; para indicar características mínimas de calidad exigidas para que el producto sea apto para el uso, o para ambas cosas al mismo tiempo.

En una primera aproximación, se puede considerar que las indicaciones que especifican procedimientos concretos de fabricación son competencia exclusiva del equipo de fabricación, que las utiliza como medio para organizar el funcionamiento del taller y asegurar la calidad requerida. Mientras que las indicaciones orientadas a asegurar la calidad son recomendaciones constructivas que hace el equipo de diseño para traducir las condiciones funcionales en parámetros de fabricación. Por tanto, se podrían separar las especificaciones que sirven para indicar los procedimientos a emplear de las que se utilizan para indicar la calidad requerida. Pero, en realidad, si se quiere controlar tanto el coste como la calidad no es posible separar completamente ambos procesos. En consecuencia, las especificaciones deben definirlas conjuntamente los equipos de diseño y fabricación, y ambos tipos de especificaciones se añaden, mezcladas, a los planos de diseño. De esta forma se obtienen planos que contienen toda la información que es relevante tanto para fabricar como para asegurar la calidad.

La necesidad de transmitir instrucciones sobre cómo organizar un proceso de fabricación es obvia. El papel que pueden jugar las indicaciones gráficas sobre planos de ingeniería en este proceso es uno de los objetivos de éste capítulo. Por su parte, para justificar por qué se necesitan especificaciones que fijen la calidad mínima requerida a los productos, basta con partir del hecho de que no es posible fabricar con absoluta precisión las dimensiones y formas geométricas diseñadas. Se pueden conseguir precisiones muy grandes, pero a costa de encarecer mucho los productos. Es decir, que los procesos de fabricación permiten acercar la pieza real (imperfecta) a la pieza ideal (perfecta) casi tanto como se quiera, pero a cambio de encarecer exponencialmente el proceso. La solución de compromiso a este dilema entre calidad y coste consiste en determinar el punto de mínimo coste que permita obtener una pieza útil o de calidad; entendiendo como tal a aquella que puede cumplir la función encomendada a la pieza teórica de la que deriva.

Puesto que los símbolos que indican los errores admisibles durante la fabricación guardan relación obvia con los procesos de fabricación, comenzamos el capítulo describiendo algunos de los procesos de fabricación convencionales. Un estudio riguroso de los procedimientos de fabricación queda fuera del alcance de esta obra, por lo que nos limitaremos a una breve reseña que sirva para introducir términos de uso corriente en las especificaciones de fabricación y para dar una primera noción sobre las formas geométricas que son «fabricables» y las que no lo son.

Un aspecto importante de la calidad, que, además, está muy ligado a la geometría, es la «ensamblabilidad»: la facilidad que tienen las piezas de un conjunto para ensamblarse (o montarse) y establecer vínculos apropiados para el desempeño de su función (de forma que su contacto responda a los requisitos de diseño). Por tanto, antes de explicar los símbolos que sirven para indicar los principales requisitos para asegurar la aptitud para el uso, introduciremos todos aquellos aspectos de las uniones que han quedado fuera del alcance de los elementos estandarizados y los esquemas mecánicos estudiados en el capítulo uno. En concreto, estudiaremos aquellas formas de unión que implican procesos de fabricación.

Tras los apartados dedicados a describir los procesos de fabricación y a completar el estudio de las uniones y ensamblajes, vamos a ver las indicaciones sobre procesos de fabricación que se introdu-

cen en los planos de diseño mediante un conjunto de símbolos normalizados, convirtiéndolos así en planos de fabricación.

A continuación, veremos que el equilibrio entre calidad y coste se expresa finalmente por medio de unos límites que acotan la máxima desviación de la forma y dimensiones de la pieza real respecto a la teórica. De la necesidad de alcanzar estos dos objetivos, surgen los conceptos de «estado de la superficie» y «tolerancia». Veremos que los estados superficiales se indican mediante los mismos símbolos empleados para indicar procesos de fabricación. Por el contrario, las tolerancias tienen una simbología en parte vinculada a la acotación y en parte propia. Porque, dado el gran avance en el control de las tolerancias, se ha llegado a distinguir entre control dimensional y control de la forma, cada uno de ellos con su simbología propia. Los tres tipos de especificaciones se estudian también en este capítulo.

En definitiva, se verá que las especificaciones se deben realizar en base a las condiciones funcionales del conjunto mecánico, pero también en base a la repercusión que tienen sobre el coste de fabricación. Por ejemplo, la conversión de una especificación en unas tolerancias concretas obligará a utilizar unos procesos y medios de producción capaces de fabricar con esa precisión, y asimismo unos procesos de medida, regulación y control que aseguren el cumplimiento de las tolerancias especificadas. Todo ello repercutirá notablemente en el coste final del producto. Por esta razón, se debe asignar un conjunto de especificaciones que sean acordes con los procesos y recursos disponibles, y que aseguren la funcionalidad y calidad mínima requeridas.

Por último, se debe tener noción de cómo van a ser comprobadas y validadas las restricciones, ya que en la aceptación del producto final no se comprueba la funcionalidad, sino la adecuación del producto a aquellas especificaciones que se han definido en los planos. Por tanto, el proceso de *traducir* las condiciones funcionales en especificaciones tiene el objetivo de asegurar que la comprobación de especificaciones equivale a la comprobación de calidad funcional. Sin embargo, esta actividad es compleja y tiene múltiples soluciones, que dependen de cada ámbito particular y de las situaciones concretas, y, por tanto, requiere conocimientos fuera del alcance de esta obra. Por ello, una vez apuntada la dificultad, nos limitaremos a aportar algunas indicaciones y sugerencias básicas y nos centraremos en la representación de las especificaciones, y la correcta interpretación y comprensión de las mismas, en lugar de profundizar en sus criterios de selección.

2.1 PROCESOS DE FABRICACIÓN CONVENCIONALES

Los procesos de fabricación son las diferentes formas de convertir materias primas en productos terminados. Los procesos de fabricación son muy variados y complejos, por lo que su estudio en profundidad queda fuera del alcance de esta obra. En consecuencia, nos vamos a limitar a introducir los principales procesos de fabricación, definirlos brevemente y clasificarlos; atendiendo a una tipificación necesariamente genérica y simple. El primer objetivo es introducir términos de uso corriente en las especificaciones de fabricación. Porque dichos términos se van a usar en los ejemplos que servirán para ilustrar la forma de utilizar los símbolos gráficos que permiten indicar las especificaciones de fabricación en los planos de ingeniería. El segundo objetivo es empezar a conocer lo que es factible, porque entendemos que conocer los procesos de fabricación ayuda a analizar la viabilidad práctica de las formas geométricas que un diseñador puede concebir, es decir, que ayuda al diseñador a elegir «buenas formas» y descartar formas imposibles o caras.

Con carácter general se suelen clasificar los procesos de fabricación en tres tipos: de formación, de conformación y de arranque de material. Aunque, a efectos de fabricación, es conveniente separar los tres tipos de procesos, en realidad, la mayoría de las piezas sufren todos o casi todos los tipos de procesos para llegar a su estado final. Sirva como ejemplo las operaciones del proceso de fabricación por sinterizado esquematizado en la figura 2.1.

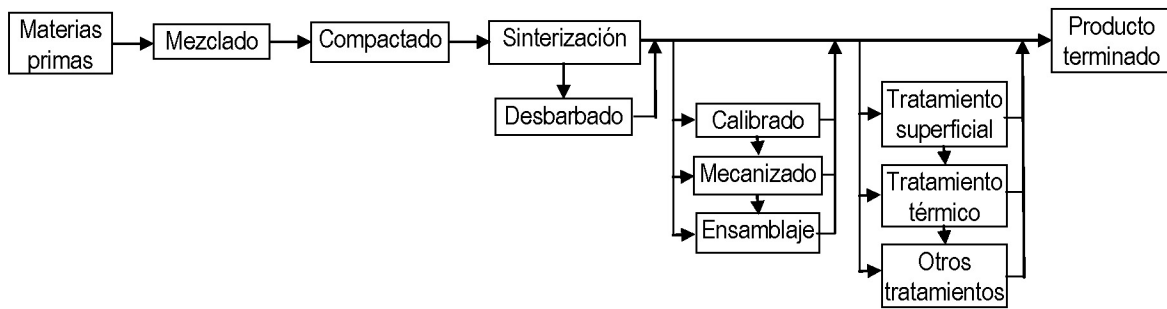


Figura 2.1 Diagrama de un proceso de fabricación por sinterizado que incluye posibles operaciones de fabricación complementarias

2.1.1 Procesos de formación

En los procesos de formación el material pierde su forma original por un proceso previo, tal como calentarlo hasta que funde, molerlo y desecarlo, etc. En una segunda fase, el material se vierte dentro de un molde o encofrado (figura 2.2) en el que se consolida la forma deseada (por enfriamiento, desecación, presión, etc.).

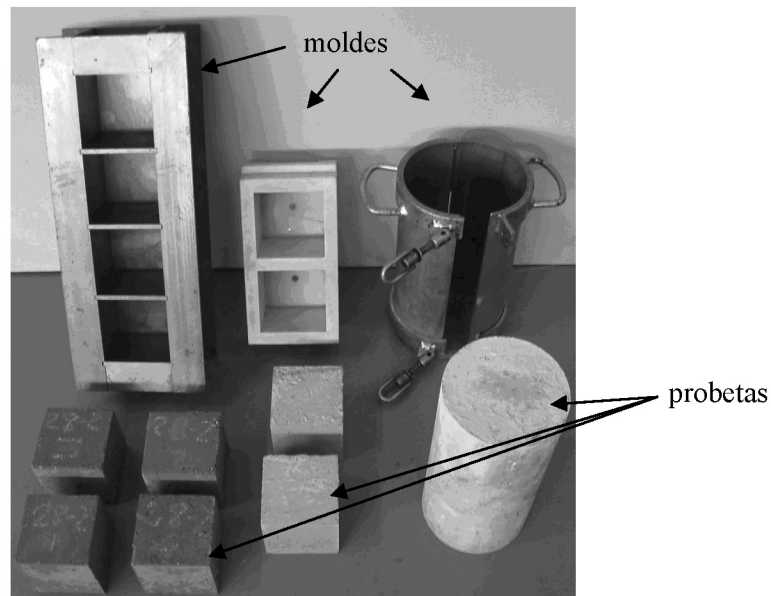
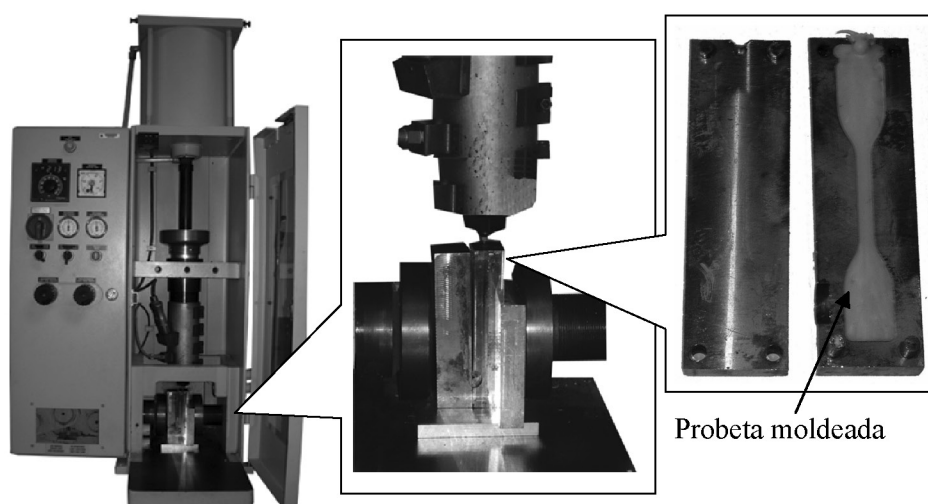
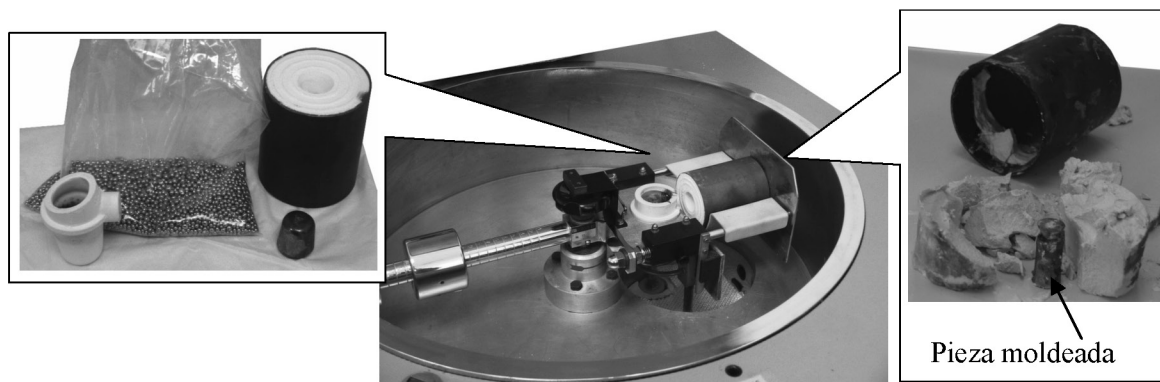


Figura 2.2 Moldes para formación por moldeo de diferentes probetas de hormigón

Si el material es metálico y se calienta hasta que se funde, el proceso se denomina *fundición*, y requiere el uso de un molde para verter el metal y que éste adquiera la forma deseada al enfriar. Según la forma de fundir el metal se distinguen los procesos en los que se quema combustible y en los que se calienta el metal mediante arco eléctrico. Dependiendo de la naturaleza del molde, se distinguen las fundiciones sobre moldes que se deterioran rápidamente y no permiten hacer grandes series de productos (tales como los moldes de arena) y las que permiten series más grandes («coquilla» o molde metálico en el que se vierte el metal fundido a presión). En la figura 2.3 se muestra un ejemplo de moldeo por inducción eléctrica en un pequeño equipo de laboratorio que centrifuga el molde durante el proceso de colada para conseguir un reparto homogéneo del metal de aportación cuando éste funde. El proceso de centrifugado también facilita el moldeo de piezas huecas.

Si el material es plástico el proceso es muy semejante al de fundición en coquilla, pero se denomina *inyección*, porque toma el nombre del proceso utilizado para pasar el plástico desde el recipiente en el que se calienta hasta el molde (figura 2.4).



Una técnica más moderna y sofisticada es la *sinterización*. En los procesos de sinterizado, los materiales se muelen en polvo muy fino, se mezclan para conseguir las propiedades deseadas, luego se compacta la mezcla para darle la forma deseada y, por último, se somete a grandes presiones o campos eléctricos para que solidifique y adquiera la máxima resistencia mecánica. El proceso se aplica a materiales metálicos (pulvimetalurgia), y también a materiales cerámicos.

También hay técnicas de modelado que sólo permiten moldear materiales «de laboratorio», que no sirven para obtener piezas reales porque se degradan rápidamente, pero permiten obtener prototipos rápidos de bajo coste. Los moldes de silicona para obtener prototipos de piezas de plástico son un ejemplo de moldes rápidos (figura 2.5).

En el caso de las estructuras de hormigón para obras civiles y construcción, los moldes reciben el nombre de *encofrados*. Las formas geométricas raramente son tan complejas como las de las piezas de metal o plástico, porque las diferentes partes de la estructura se suelen fabricar por separado o por partes. En los casos más simples se hace el encofrado a partir de piezas moduladas que pueden combinarse para dar lugar a diferentes formas geométricas (figura 2.6). En otros casos, se utilizan

piezas desechables que previamente se trabajan para obtener la forma deseada (madera, cartón, etc.). No obstante, también se utilizan encofrados complejos que moldean en una sola operación estructuras completas fabricadas en serie (tales como las casas unifamiliares de una misma urbanización).

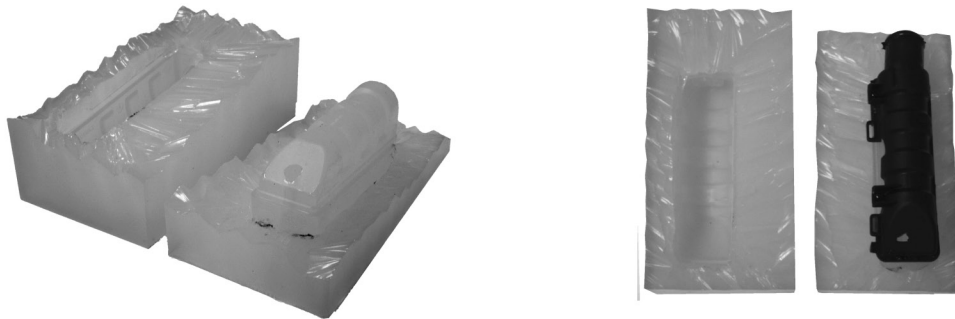


Figura 2.5 Molde de silicona (izquierda) y molde con el prototipo (derecha)

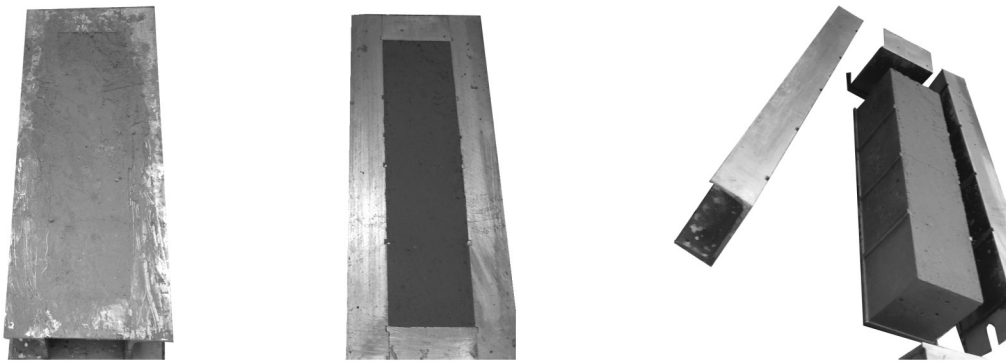


Figura 2.6 Proceso de rellenar (izquierda), secar (centro) y desencofrar (derecha) una probeta de hormigón

Por otra parte, diseñar un molde no es tan simple como determinar la forma geométrica complementaria de la buscada. Los moldes tienen que ayudar al llenado homogéneo del material, permitir que el proceso de consolidación sea controlado, y admitir el desmoldeo de la pieza final sin tener que romper el molde. Además, muchos moldes deben ser válidos para la fabricación seriada, lo que significa que los procesos de carga y descarga deben ser rápidos y automáticos. Ninguno de estos requisitos es simple. Por ejemplo, una primera condición para admitir el desmoldeo es que cada una de las partes del molde debe corresponder con un hueco cóncavo de la pieza a moldear. Esto no sólo condiciona el diseño del molde, sino también el de la propia pieza. Es por todo ello por lo que, de hecho, la geometría de los moldes y las propiedades de los materiales limitan las posibilidades de construir piezas moldeadas. En consecuencia, los planos de diseño y fabricación de los moldes requieren tanto trabajo como los planos de las piezas más complejas, y las instrucciones de montaje del molde, moldeo y desmoldeo pueden dar lugar a planos de puesta en obra o fabricación muy complejos (figura 2.7).

En resumen, el diseño de los moldes y las restricciones topológicas de las piezas que pueden ser fabricadas (impuestas por las limitaciones del proceso de encofrado, llenado, secado y desencofrado) son los aspectos principales vinculados al diseño y representación de piezas fabricadas mediante procesos de formación.

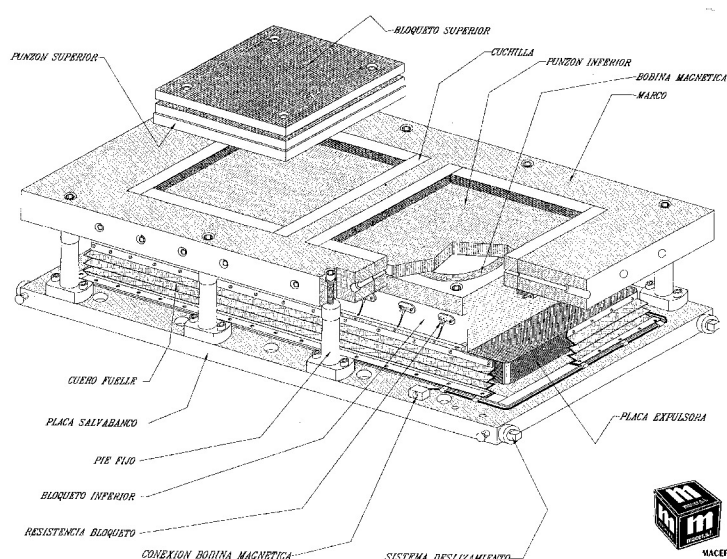


Figura 2.7 Molde para azulejos cerámicos (cortesía de Macer S.L.)

2.1.2 Procesos de conformación

En los procesos de conformación, para alcanzar la forma deseada se lleva el material a un estado dúctil (si es que no tiene tal propiedad en condiciones normales) y se moldea, modificando su forma poco a poco con ayuda de diferentes herramientas. Según la forma de la herramienta y los movimientos relativos entre la pieza y la herramienta, se clasifican diferentes tipos de procesos: forja, extrusión, estirado, curvado, plegado, embutición, etc.

En la *forja* el material se calienta hasta su estado dúctil y se le golpea para modificar su forma. En la *extrusión*, tras calentarlo, se le hace pasar por una boquilla que configura su contorno. En el *curvado*, *plegado* y *embutición* se toma una pieza de pequeño espesor (barra, pletina, etc.) de un material dúctil, y se la somete a diferentes sollicitaciones mecánicas para modificar su forma. En la parte izquierda de la figura 2.8 se observa el proceso de curvado de un perfil que previamente ha sido laminado en frío. En la parte derecha de la figura 2.8 se muestra un detalle de una pieza de madera laminada que está siendo curvada mediante una prensa de vacío. En la figura 2.9 se muestra un ejemplo de embutición continua con roldana (izquierda), junto con un codo de tubería de aspiración que ha sido ensamblado utilizando este tipo de embutición.

En la figura 2.10 se muestra un ejemplo de *plegado* de chapa en una plegadora manual (izquierda). También se muestra un maletín de chapa de aluminio plegado en una máquina automática de control numérico.

En el *laminado*, un material en estado dúctil (por ejemplo plástico caliente, como en la figura 2.11) se hace pasar por unos rodillos que lo van convirtiendo en una chapa delgada o una película fina.

El aspecto de diseño geométrico más importante vinculado a los procesos de conformación, de piezas de pequeño espesor está vinculado con el concepto de “fibra neutra”, que es una lámina teórica, sin espesor, que al curvarla o plegarla se comporta igual que la pieza real (con espesor). El concepto es importante, porque al plegar una pletina, el dato fundamental es el ángulo de plegado, pero el material sufre cambios en la zona del pliegue (se comprime en unas, se estira en otras, etc.). Esos cambios deben ser controlados por los responsables de fabricación, como parte del proceso de fabricación; pero el diseñador también debe tener el conocimiento suficiente sobre el proceso para saber los límites de lo que es fabricable y las servidumbres que cada proceso de fabricación conlleva. Además, el diseño de calderería asistido por ordenador se suele realizar diseñando la fibra teórica (la fibra neutra, sin espesor) y añadiendo el espesor a posteriori.

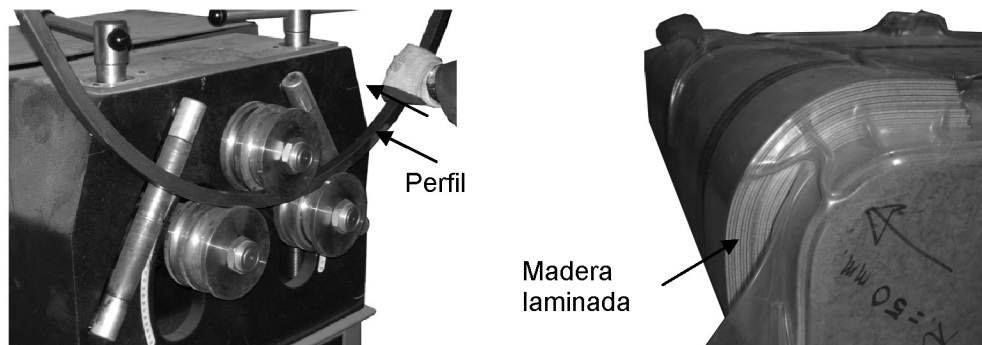


Figura 2.8 Conformación por curvado de un perfil previamente laminado en frío (izquierda) y curvado de tableros de madera laminada mediante una prensa de vacío (derecha)

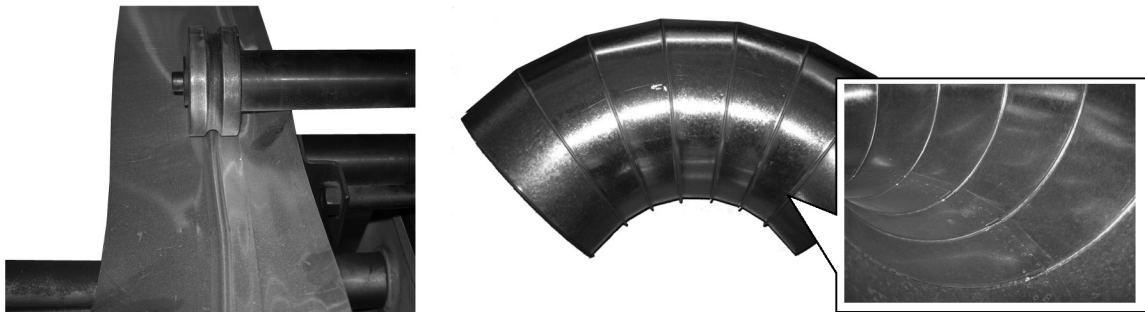


Figura 2.9 Embutición continua con roldana (izquierda) y codo de tubería ensamblado con roldana

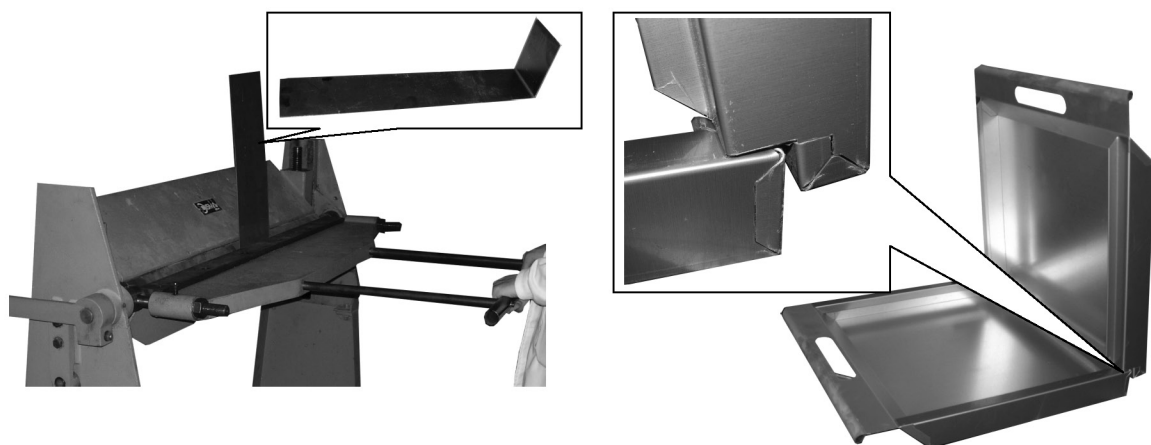


Figura 2.10 Plegado de una chapa metálica (izquierda) y maletín de chapa de aluminio plegado en una máquina automática de control numérico (derecha)

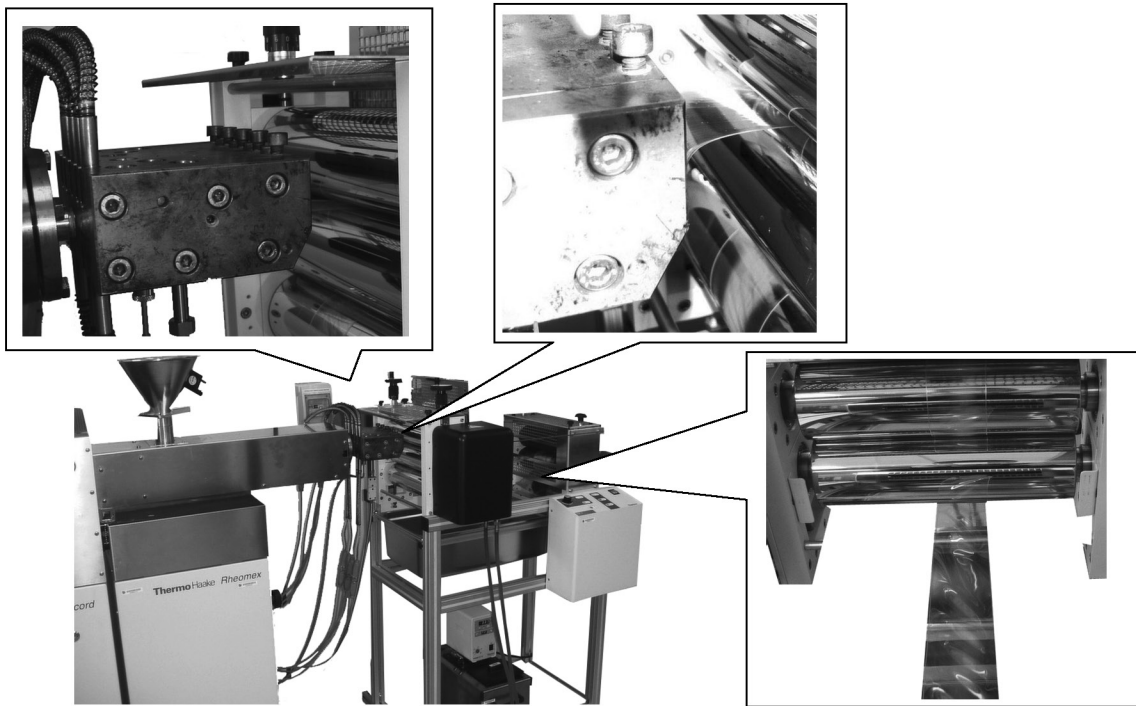


Figura 2.11 Laminado de una película de plástico

2.1.3 Procesos de arranque de viruta

En los procesos de arranque de viruta una herramienta modifica la forma inicial del material eliminando repetidamente pequeñas partes o «viruta» de la misma. Según la forma de la herramienta y los movimientos relativos entre la pieza y la herramienta, se clasifican diferentes tipos de procesos.

Perforar. Consiste en vaciar parte de la pieza original para crear un agujero. La mayoría de los agujeros tienen forma cilíndrica, y se obtienen mediante *taladrado*. En esta operación la herramienta gira y se desplaza (en la dirección del eje de giro), mientras la pieza está quieta. Las herramientas que taladran se denominan brocas (figura 2.12).

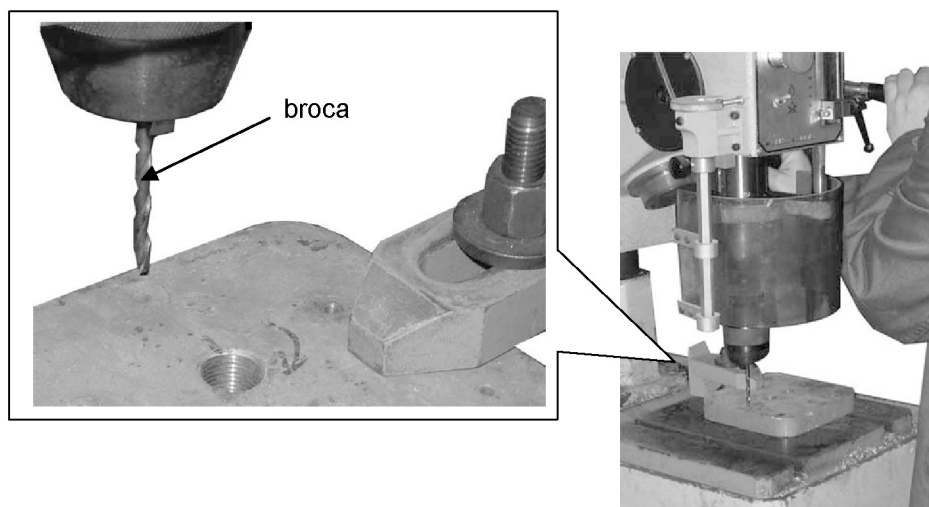


Figura 2.12 Taladrado de una pletina

Los agujeros pueden ser pasantes (si atraviesan totalmente la pieza) o ciegos (figura 2.13 izquierda). Habitualmente las brocas tienen punta cónica, por ello aparecen huecos cónicos en el fondo de los agujeros ciegos. En los planos de diseño, dichos huecos no se suelen acotar, puesto que son consecuencia del proceso de taladrado, pero no tienen ninguna función (son una restricción de fabricación, pero no responden a ninguna necesidad funcional). Tan sólo se acotan cuando es preciso controlarlos, por ejemplo, para asegurarse de que no se llegue a convertir en pasante un agujero pretendidamente ciego.

Algunas operaciones de perforación (figura 2.13 centro y derecha) sirven para mejorar la precisión de un agujero ya taladrado (barrenado, escariado), ensanchar la boca del agujero (abocardar, refrentar), darle a la boca del agujero una forma troncocónica (avellanar), etc.

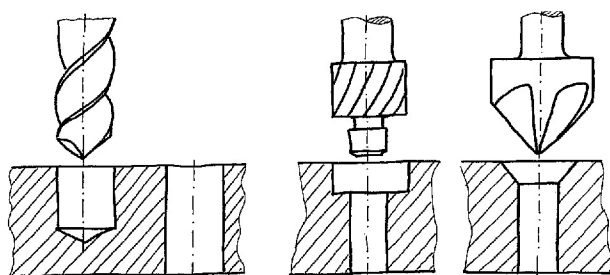


Figura 2.13 Procesos de perforación por taladrado ciego y pasante (izquierda) y por abocardado (centro) y avellanado (derecha)

Estas operaciones son tan habituales, y dan lugar a variaciones tan pequeñas en la forma global de muchas piezas, que se suelen representar los agujeros de forma simplificada (por ejemplo, sin dibujar el corte que muestra su contorno), o, incluso, se puede llegar a no dibujar más que el eje del agujero. En tales casos, se añade una leyenda que indica las características del agujero. En la figura 2.14 se muestra unos cuantos casos, junto con sus leyendas en español y en inglés (según normas ANSI).

Agujero pasante (diámetro 12)	$\varnothing 12$	$\varnothing 12$ PASANTE	$\varnothing 12$ THRU
Agujero ciego (diámetro 12 y profundidad 10)	$\varnothing 12 \times 10$	$\varnothing 12 \times 10$ PROF	$\varnothing 12 \times 10$ DP
Agujero granateado (counterbore)	$\varnothing 6$ U $\varnothing 12 \times 7$	$\varnothing 6$ GRANET $\varnothing 12 \times 7$ PROF	$\varnothing 6$ C' BORE $\varnothing 12 \times 7$ DP
Agujero refrentado (spotface)	$\varnothing 6$ U $\varnothing 12$	$\varnothing 6$ REFR $\varnothing 12$	$\varnothing 6$ SP FACE $\varnothing 12$
Agujero avellanado (countersink)	$\varnothing 6$ V $\varnothing 12 \times 7$	$\varnothing 6$ AVELLAN $\varnothing 12 \times 7$	$\varnothing 6$ C'SINK $\varnothing 12 \times 7$

Figura 2.14 Indicación mediante leyendas de diferentes operaciones de taladrado

Esculpir con arranque de viruta. Partiendo de un volumen compacto e informe (un «tocho», figura 2.15), o de una pieza preconformada con una forma semejante a la deseada (obtenida, por ejemplo, mediante una operación de conformación) se puede esculpir la superficie de la pieza mediante herramientas que van eliminando capas sucesivas de material siguiendo trayectorias apropiadas para tallar las formas deseadas.

Los dos tipos más generalizados de máquinas que realizan este tipo de mecanizado son los tornos y las fresadoras. En el *torneado*, es la pieza la que gira, mientras la herramienta se desplaza. El resultado son piezas con superficies cilíndricas coaxiales (figura 2.16). Combinando el giro de la pieza con movimientos más complejos de la herramienta se consiguen las formas que se denominan «torneadas» en el lenguaje común, que tienen perfiles más sofisticados, pero siempre son formas de revolución. En el *fresado*, por el contrario, la herramienta gira y la pieza se desplaza (figura 2.17) para obtener superficies planas, escalonadas, etc.



Figura 2.15 Tronzado de un tocho cilíndrico metálico mediante una sierra de vaivén

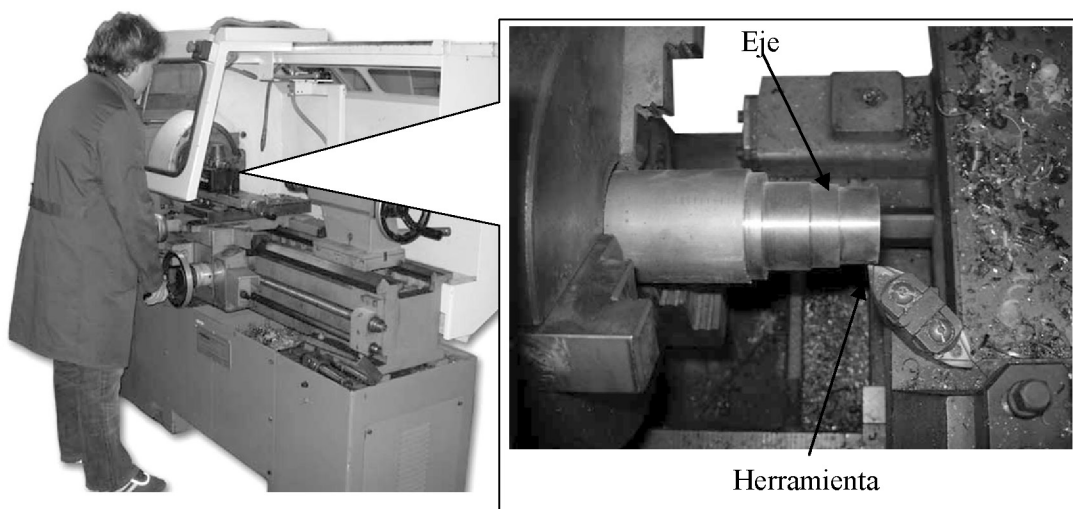


Figura 2.16 Torneado de un eje

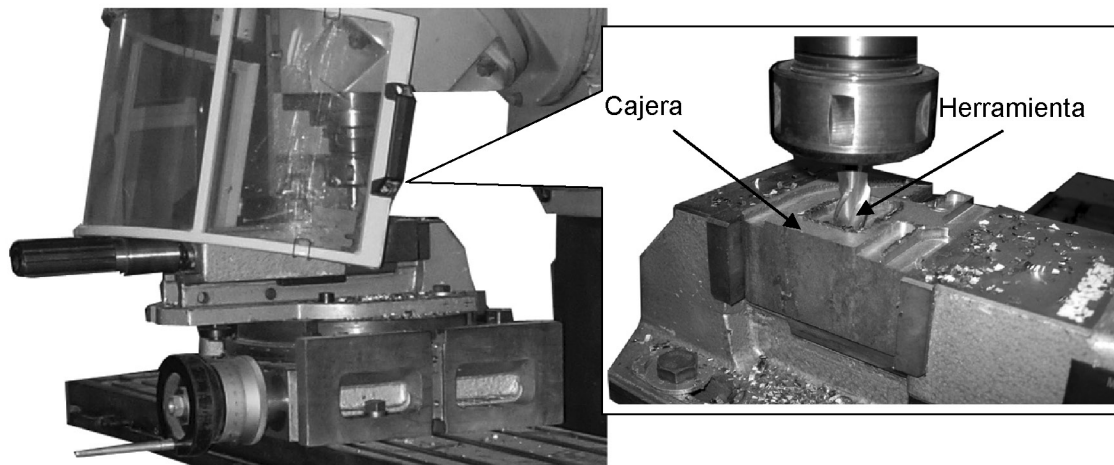


Figura 2.17 Fresado de una cajera de una bancada

Del resto de operaciones de fabricación con arranque de viruta, podemos destacar las operaciones de *preparado mecánico*. El primer tipo son las operaciones de *cepillado* y *limado* (figura 2.18). El segundo tipo son las operaciones de mecanizado con abrasivos en las que se sustituye la herramienta por un material abrasivo natural (piedras de elevada dureza como cuarzo, esmeril, corindón o diamante), o artificial. El *desbarbado*, por ejemplo, consiste en la eliminación de rebabas y bordes de aristas vivas. Estos procedimientos de mecanizado con abrasivos se realizan mediante discos o muelas de afinar incorporadas a diferentes máquinas, según el tipo de pieza y operación a realizar (figura 2.19). También se puede actuar mediante técnicas de chorreado, como el *granallado* (figura 2.20), que consiste en la proyección de un polvo fino de abrasivo sobre un objeto. Se utiliza para limpiar su superficie. La impulsión puede realizarse mediante aire comprimido, mediante ruedas tipo «noria» lanza granalla, disolviendo el abrasivo en agua lanzada a presión, etc.

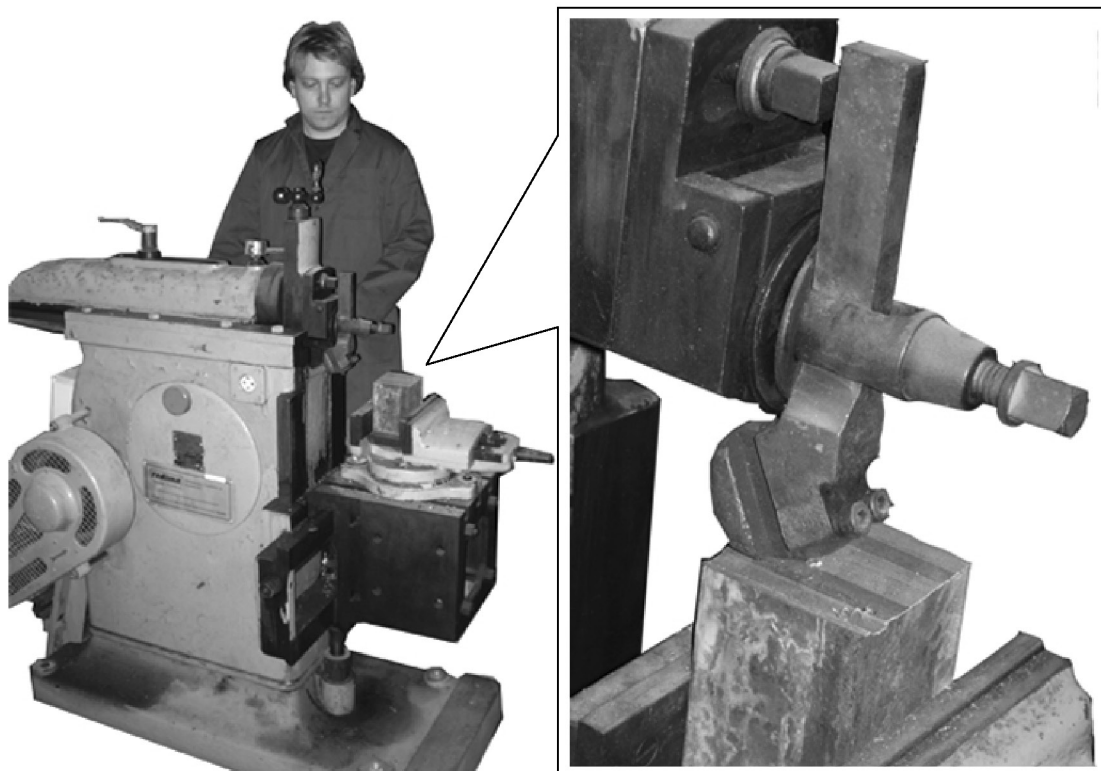


Figura 2.18 Limado de una ranura

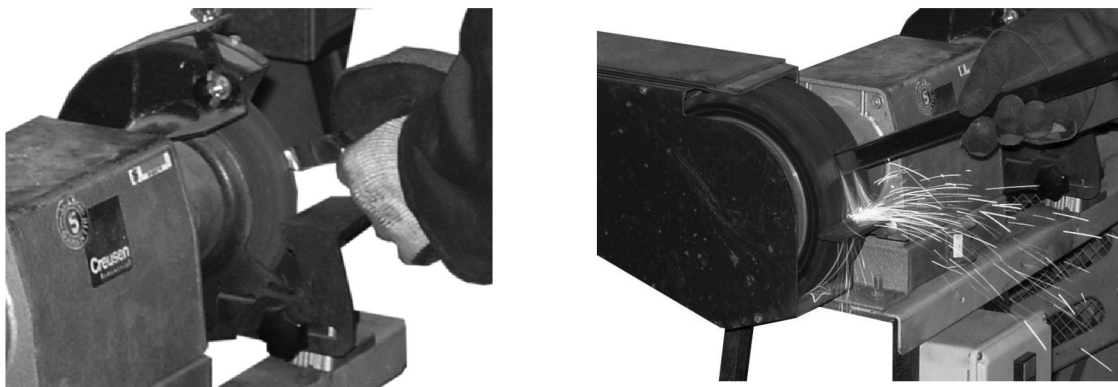


Figura 2.19 Afilado (izquierda) y desbarbado (derecha) mediante muela abrasiva

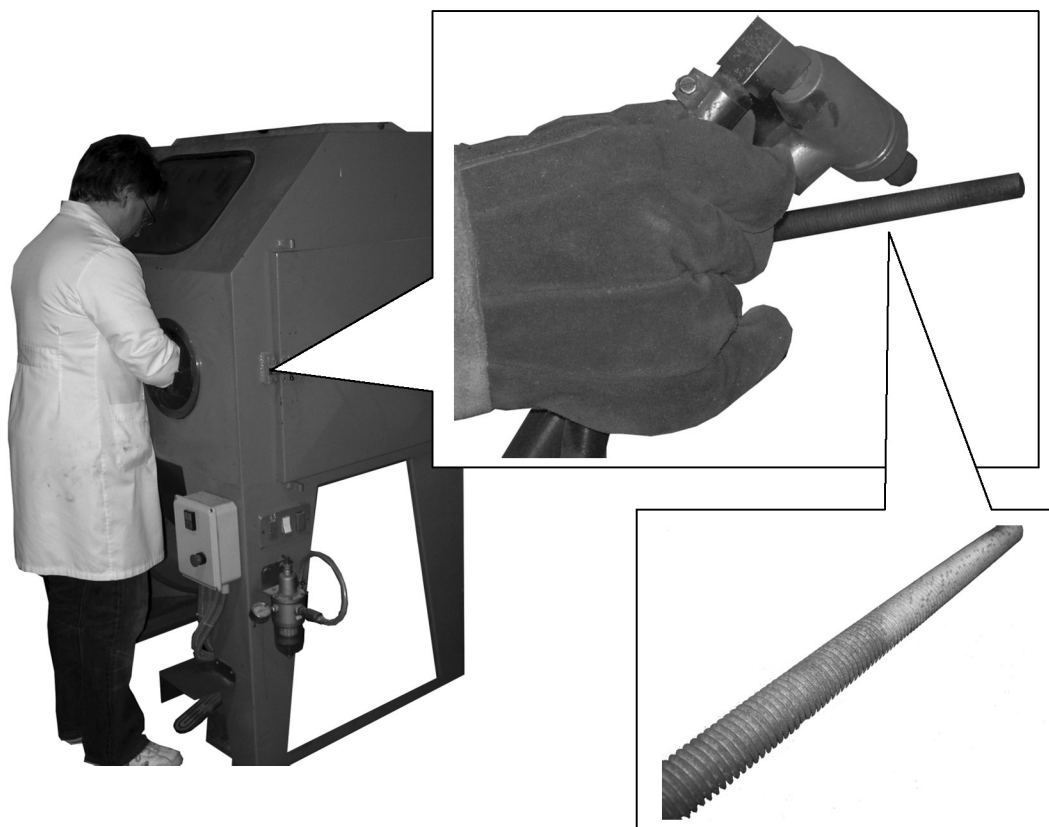


Figura 2.20 Granallado con arena en cámara estanca

En resumen, hay una gran variedad de procesos de arranque de viruta, que permiten fabricar formas muy complejas; pero todos ellos son caros, en especial si se tienen que encadenar diferentes procesos para conseguir formas finales sofisticadas y con acabados de gran calidad. Por tanto, hay que diseñar formas geométricas que minimicen los procesos de fabricación con arranque de viruta. Es decir, hay que buscar las formas geométricas más simples de entre las que cumplan los requerimientos del diseño. Por otra parte, las formas de las herramientas condicionan a veces las formas finales obtenidas (ver ejemplo de la punta de la broca en la figura 2.13), por lo que al diseñar las geometrías de las piezas hay que tener en cuenta las servidumbres de los procesos de arranque de viruta necesarios para obtenerlas.

2.1.4 Procesos de acabado por tratamiento térmico

Algunos materiales metálicos mejoran su comportamiento (resistente, antioxidante, etc.) si se aplica un tratamiento térmico a la capa superficial de la pieza después de conformada.

Los dos tipos básicos de tratamiento térmico son los de temple y recocido. Los tratamientos de *temple* sirven para endurecer, y consisten en un calentamiento seguido de un enfriamiento rápido. Los tratamientos de *recocido* sirven para ablandar, y consisten en un calentamiento seguido de un enfriamiento lento.

Pero hay muchos más tratamientos. En una primera aproximación, pueden clasificarse como térmicos (recocido, temple, revenido, normalizado, etc.) o termoquímicos (cementación, nitruración, cianurización, etc.). En los procesos termoquímicos se añaden sustancias que modifican la composición química de la capa superficial de la pieza. Por ejemplo, en la *cementación* se enriquece la capa superficial del acero con carbono; en la *nitruración* se añade nitrógeno a la capa superficial, y así sucesivamente.

También se pueden distinguir diferencias en los tratamientos cuando se aplican a distintos materiales. Por ejemplo, el tratamiento de recocido puede aplicarse al aluminio, a las aleaciones de cobre... y también al vidrio. Por su parte, el tratamiento de templado se aplica a otros metales diferentes del acero, al vidrio, ¡e incluso al chocolate!

Por último, existen variantes de un mismo tratamiento en función de los parámetros que lo controlan (temperatura máxima, velocidad de calentamiento...). Estas variantes pueden llegar a tener nombres propios diferentes, o incluso denominaciones comerciales patentadas.

Por tanto, se escapa del alcance de esta obra el intentar siquiera una clasificación general de todos los tratamientos térmicos existentes. Es por ello que, tras haber introducido el concepto de tratamiento térmico, nos limitamos a destacar que las piezas tratadas se ensayan después del tratamiento para comprobar si han alcanzado las propiedades solicitadas. Por ejemplo, en la figura 2.21 se ilustra la determinación de la dureza de una probeta. Por tanto, en el plano de fabricación de una pieza a la que se debe aplicar un acabado por tratamiento térmico, puede ser más importante decir cuál es el estado final deseado que decir cuál es el proceso necesario para obtenerlo.

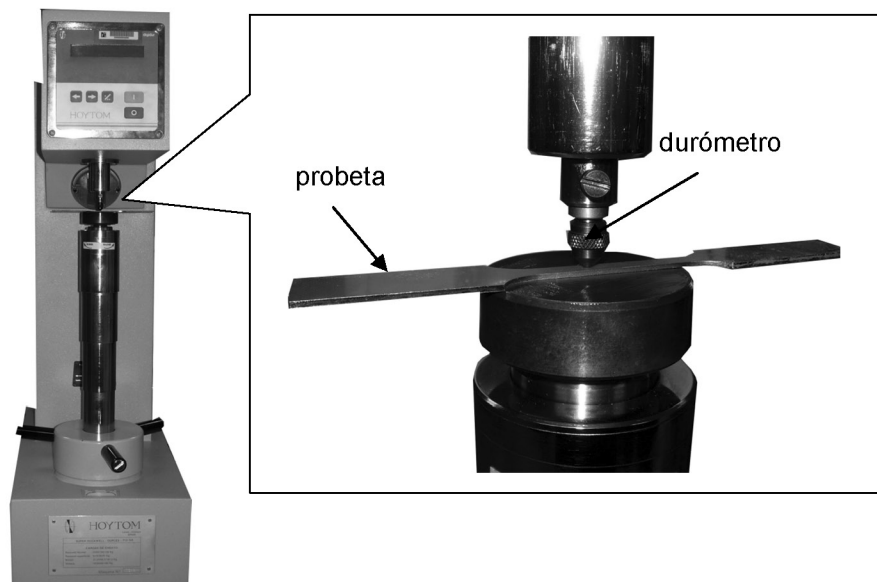


Figura 2.21 Determinación de la dureza de una probeta

2.1.5 Procesos de acabado por recubrimiento

Para mejorar el aspecto final de las piezas, o para protegerlas de la corrosión, se recurre a cubrirlas con una lámina o película de otro material. Es decir, que los procesos de acabado por recubrimiento sirven tanto para proteger como para decorar. Si el material de recubrimiento es una mezcla líquida de sustancias que se seca tras su aplicación, el proceso se denomina *pintado* o *barnizado*. Cuando el material se deposita mediante operaciones más complejas recibe nombres específicos derivados de cada proceso: recubrimiento electrolítico, recubrimiento por inmersión en baño de metal fundido, recubrimiento químico, recubrimiento por oxidación, etc.

- El *recubrimiento electrolítico* (figura 2.22) se basa en la deposición en el cátodo de un ión metálico, al ser introducida una pieza en una solución que contiene un electrolito. El ánodo mantiene dicho electrolito en equilibrio mediante la aportación de iones metálicos, al hacer pasar una corriente eléctrica.
- En el *recubrimiento por inmersión* en baños de metal fundido se introduce la pieza en el baño durante el tiempo necesario para que adquiera el espesor deseado y se procede a su enfriamiento al aire libre o por inmersión en baños de agua y aceite. Entre los más utilizados está el galvanizado, o cincado industrial, que consiste en aplicar una capa de zinc al hierro.
- El recubrimiento químico consiste en poner la pieza en contacto con una solución que provoca una reacción química que modifica la composición química de la superficie de la pieza y la recubre con una película resistente a la corrosión y adherente para las pinturas.
- En el *recubrimiento por oxidación* se aplican diferentes técnicas (pavonado, anodinado, etc.) de oxidación controlada de la superficie de las piezas, para evitar su corrosión. Esta oxidación de la superficie se realiza actuando anódicamente (al revés de lo que ocurre en baños de níquel, cromo, cobre, etc.). Los sistemas de anodizado pueden ser químicos y electrolíticos. Los químicos no son muy utilizados y sólo se usan en preparación de superficies antes de proceder al pintado o barnizado.

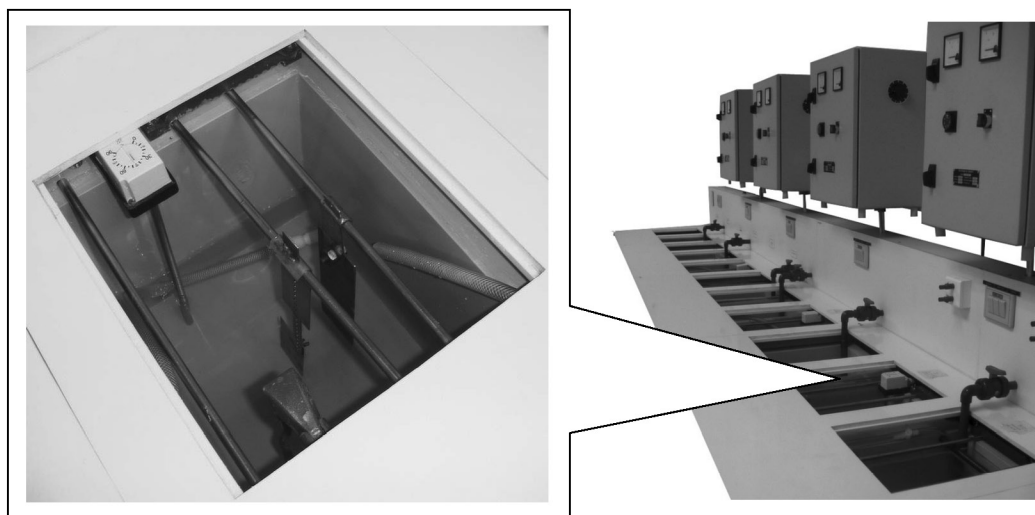


Figura 2.22 Recubrimiento por electrodeposición. Se muestran los cuatro elementos básicos del proceso (electrodo cátodo=pieza; electrodo ánodo; electrolito y fuente de corriente continua)

La pintura es una mezcla líquida de sustancias capaz de recubrir una superficie mediante capas delgadas. Suele estar formada por sustancias aglutinantes, pigmentos y disolventes. Los aceites de

linaza y las resinas acrílicas son ejemplos de aglutinantes comunes. Los pigmentos, que aportan el color, suelen ser derivados de diferentes óxidos, carbonatos, silicatos o sulfatos de metales. Por último, los disolventes son líquidos volátiles que sirven para mantener líquida la mezcla antes de su aplicación, y desaparecen por evaporación tras el secado. Los barnices y las lacas no llevan pigmentos, por lo que protegen sin alterar el color de la superficie original. Las pinturas también pueden contener aditivos para fines específicos, por ejemplo impedir el desarrollo de organismos vivos, inhibir la corrosión, plastificar (mejorando la flexibilidad de la pintura una vez seca y endurecida) etc.

La pintura se aplica de varias maneras: a) a mano, mediante pincel, brocha o rodillo (cuando el acabado no requiere una uniformidad excesiva en su superficie); b) por inmersión de piezas en una batea de pintura (si, además, la pintura está a un potencial diferente que la pieza; ésta actúa de ánodo y se puede controlar la velocidad a la que se deposita la pintura variando la intensidad de la corriente); c) haciendo pasar la pieza, a velocidad controlada, a través de una cortina de pintura, y d) proyectando una neblina de pintura sobre la pieza, por ejemplo, mediante una pistola aerográfica que impulsa aire a presión y empuja a la pintura formando la neblina. También se hace pasar la pintura a fase vapor y se impulsa directamente, o se establece una diferencia de potencial entre la pistola y la pieza para atraer la pintura hacia la pieza por electricidad estática (figura 2.23 izquierda).



Figura 2.23 Recubrimiento por pintado en polvo mediante pistola electrostática (izquierda) y recubrimiento por proyección térmica de material cerámico sobre una varilla metálica (derecha)

Existen otras formas más sofisticadas de recubrimiento, como la *proyección térmica*, que se emplea en la obtención de recubrimientos de gran variedad de materiales (metálicos, cerámicos o polímeros) sobre cualquier tipo de sustrato (figura 2.23 derecha). Consiste en proyectar un chorro de pequeñas partículas de un material que funde al mezclarlo con un chorro de diferentes gases: acetileno o hidrógeno para proyección térmica con llama; propano, propileno, o polietileno para proyección térmica de alta velocidad; argón, nitrógeno, helio o hidrógeno para proyección térmica con plasma, etc.

Por último, se debe comentar que para recubrir es necesario que la superficie esté «preparada», es decir, con la forma deseada y totalmente limpia. El preparado puede ser mecánico o químico. Los procedimientos mecánicos ya los hemos descrito en los procesos con arranque de viruta (desbarbado, etc.). Los preparados químicos más habituales son el decapado y el desengrase.

2.2 PROCESOS DE ENSAMBLAJE CONVENCIONALES

El ensamblaje es el procedimiento mediante el cual se unen piezas para obtener conjuntos rígidos o máquinas, es decir, conjuntos con capacidad de movimiento relativo entre sus piezas. Las diferentes formas de unir las piezas determinan las propiedades de movilidad del conjunto. En consecuencia, los tipos de uniones influyen en el comportamiento de los productos industriales. En otras palabras, el proceso de ensamblaje tiene gran importancia en el análisis funcional de muchos productos, porque la funcionalidad y la aptitud para el uso dependen en gran medida de la forma de unión de sus partes.

Además, en el apartado anterior describíamos los cuatro procedimientos principales de fabricación: formación, conformación, arranque de viruta y acabados. En realidad, hay un quinto proceso que juega un papel muy importante tanto en el diseño, como en la fabricación, el funcionamiento y la operación de muchos productos: la unión entre las diferentes piezas que forman los conjuntos. Las uniones son tan variadas, y pueden ser tan complejas, que los procedimientos para obtener distintos tipos de uniones forman parte de los procesos de fabricación de los productos. En definitiva, muchas indicaciones de fabricación y montaje están directamente relacionadas con la representación de las uniones.

Por último, algunos de los elementos que forman las uniones están estandarizados, tanto respecto a la forma y dimensiones del objeto como al modo de identificarlos o representarlos gráficamente. En consecuencia, estar familiarizado con las características y la representación de las uniones es un modo muy efectivo de abordar la interpretación de un dibujo complejo, porque la familiaridad con los elementos de unión ayuda a distinguir las diferentes partes de que consta un producto, e incluso facilita el conocimiento de su funcionamiento.

Tras haber justificado la importancia de conocer las uniones (argumentando que juegan un papel muy importante en el diseño, la fabricación, el funcionamiento y la operación de muchos productos), vamos a estudiarlas. Para ello, comenzaremos por clasificarlas de acuerdo a diferentes tipos. Después describiremos las características más relevantes de cada tipo. Por último, comentaremos las peculiaridades de las representaciones de los diferentes tipos de uniones.

2.2.1 Tipos de uniones

Las uniones se pueden clasificar de distintos modos. No obstante, el criterio quizá más relevante (por su implicación en el modo de representación), es el que distingue entre uniones fijas y móviles. Se define como fija a la unión en la que se restringen todos los grados de libertad, inmovilizando totalmente todas las piezas unidas. Cualquier unión que no inmovilice totalmente las piezas será móvil. La distinción es necesaria para elegir el criterio de representación apropiado. En efecto, para las uniones fijas, basta representar el ensamblaje tal como queda tras el proceso de montaje. Por el contrario, las uniones móviles tienen la peculiaridad de que para representar aspectos relacionados con su funcionamiento hay que utilizar varias imágenes: en el caso más general, generando secuencias que muestren todas las posiciones críticas que puede adoptar la unión, y en el caso más simple mostrando las posiciones extremas que las partes móviles pueden alcanzar.

Para clasificar las uniones también se distingue entre desmontables y no desmontables. Una unión se considera desmontable cuando puede deshacerse sin romper ninguno de los elementos que la integran. Es decir, que una unión es desmontable cuando se puede deshacer y rehacer tantas veces como se quiera sin daño para sus partes (figura 2.24 derecha). En caso contrario, la unión se considera no desmontable. Por tanto, son no desmontables aquellas uniones en las que se unen dos o más piezas de forma que alguna de ellas debe ser rota para poder deshacer la unión (figura 2.24 abajo izquierda).

En la imagen se muestran algunas piezas de un cierre para ropa tipo «automático».

En primer lugar, entre las piezas 1 y 2 se intercala la tela formando una unión fija gracias al remache 1. La unión desmontable (la que permite abrir y cerrar la prenda de ropa) se consigue mediante el elemento elástico (4) que presiona sobre la cabeza del elemento 2 cuando ésta se introduce en el hueco del subconjunto formado por las piezas 3 y 4.

Del mismo modo entre los subconjuntos 3-4 y 5-6 se intercala la tela de la otra parte de la prenda para conseguir una unión fija.

En el subconjunto de la derecha se muestra una unión no desmontable (obtenido por moldeo) de dos de las piezas del conjunto el remache (5) y el embellecedor (6).

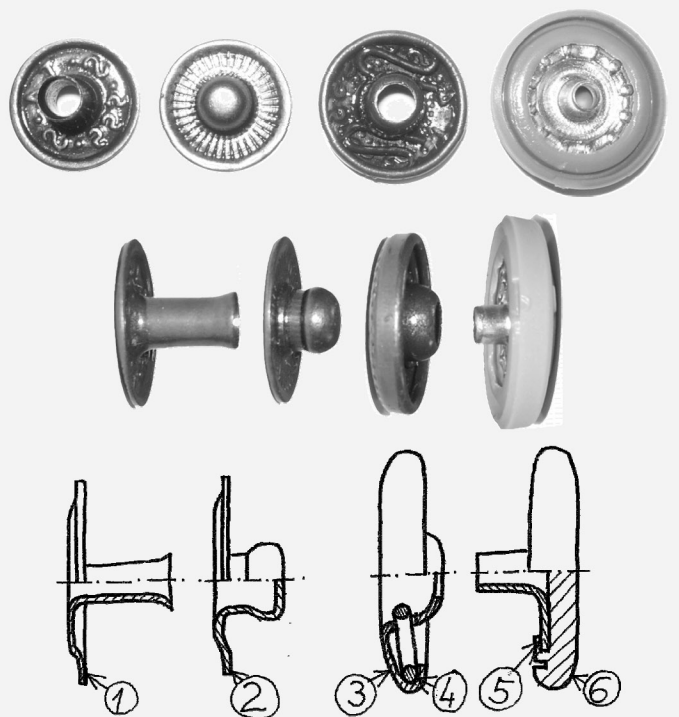


Figura 2.24 Algunas piezas del conjunto cierre tipo «clip» para ropa

Las uniones desmontables se consiguen encajando dos o más piezas por ajuste a presión entre ellas (con posible ayuda de elementos tales como lengüetas, chavetas, pasadores, etc.), o por un movimiento relativo entre las mismas (la unión roscada es la más significativa de este tipo de uniones). También hay uniones desmontables basadas en el empleo de elementos elásticos tales como grapas de muelle, arandelas elásticas, etc.

La ventaja de estas uniones es, como su nombre indica, que puede deshacerse sin romper ninguno de los elementos que las integran. El inconveniente es que la rigidez de la unión es más pequeña que las no desmontables, especialmente frente a acciones que tiendan a reproducir, en sentido inverso, los movimientos de montaje. El segundo inconveniente es que las piezas que las componen, y el proceso de ensamblaje, suelen ser más caros que en soluciones no desmontables equivalentes.

La diferencia en la representación de ambos tipos de uniones proviene de que los elementos de unión desmontables suelen utilizar formas geométricas complejas (tales como las roscas), mientras que los no desmontables suelen utilizar elementos cuya forma cambia durante el proceso de fabricación/montaje (remaches, soldaduras...). Por lo tanto, en la mayoría de los casos, las uniones desmontables dan lugar a geometrías que se pueden apreciar en el dibujo de conjunto pero no van acompañadas de indicaciones de fabricación del conjunto; mientras que las uniones no desmontables no suelen dar lugar a formas peculiares perceptibles en el dibujo de conjunto, pero sí que suelen requerir indicaciones de fabricación. Por otra parte, la naturaleza de las uniones afecta a la interpretación de los dibujos. Por ejemplo, si se desconoce la naturaleza no desmontable de cierta uniones, puede resultar imposible entender cómo se pueden llegar a ensamblar ciertos conjuntos en los que, aparentemente, las piezas interiores no podrían llegar a colocarse dentro de las piezas exteriores.

Las dos clasificaciones descritas son independientes, de forma que, por ejemplo, puede haber uniones móviles tanto desmontables como no desmontables. Un rodamiento es un ejemplo de un conjunto no desmontable y con uniones móviles entre algunas de sus piezas. Por tanto, y puesto que ambas clasificaciones coexisten y son relevantes a efectos de elegir las representaciones apropiadas en cada caso, vamos a combinarlas para analizar los diferentes tipos de uniones. De hecho, nos

vamos a limitar a complementar lo ya estudiado en el capítulo anterior sobre uniones y elementos estandarizados de unión, distinguiendo entre uniones móviles y uniones fijas no desmontables.

2.2.2 Representaciones de uniones móviles, articulaciones o enlaces

Los mecanismos son aquellos productos que presentan una configuración que permite el movimiento relativo entre diferentes partes. Se puede conseguir un mecanismo utilizando pares cinemáticos, que son aquellos contactos que impiden algunos movimientos relativos entre piezas y permiten, o incluso favorecen, otros movimientos. Los pares cinemáticos se consiguen combinando formas geométricas definidas específicamente para impedir unos movimientos y permitir otros; también se consiguen con piezas completas cuya única tarea es realizar el tipo de unión deseado, o incluso por subconjuntos o ensamblajes diseñados exclusivamente para tal fin.

Desde el punto de vista de la representación, hay dos aspectos a considerar:

- las representaciones destinadas a mostrar el funcionamiento del mecanismo. Entre las que destacan las representaciones de las diferentes posiciones (extremas o intermedias) que pueden ocupar las piezas o los subconjuntos unidos, y
- las representaciones destinadas a definir los elementos, piezas o subconjuntos encargados de realizar la unión.

En el primer caso es insuficiente el criterio, habitual para los productos que no contienen partes móviles, de representar el conjunto únicamente «en su posición de trabajo». Mientras que en el segundo caso, la peculiaridad de las representaciones proviene, por una parte, de que muchos de los elementos, piezas o subconjuntos que intervienen en las uniones móviles tienen representaciones estandarizadas, y, por otra parte, de que para conseguir transmisiones de movimiento eficientes (que son el motivo de muchas uniones móviles) se requiere el empleo de geometrías complejas en los elementos de unión. En consecuencia, la definición de dichas geometrías complejas suele requerir el empleo de todo tipo de convencionalismos (vistas particulares, cortes, detalles, etc.).

Representación de diferentes posiciones

Este tipo de representaciones sólo tiene sentido en los dibujos de conjunto, nunca en un dibujo de despiece. Se pueden utilizar en dibujos de diseño (borrador, anteproyecto o proyecto), para estudiar la compatibilidad geométrica de los movimientos de los mecanismos. También se pueden utilizar en dibujos de función (montaje, funcionamiento o maniobra), para explicar los movimientos posibles.

Las diferentes posiciones se pueden dibujar superpuestas, o en dibujos separados. Cuando se dibujan superpuestas, las uniones móviles se representan dibujando la posición más significativa con los tipos de línea habituales (según UNE 1-032-82 o ISO 128-82), y representando cualesquiera otras posiciones complementarias que se considere apropiado, sustituyendo las líneas tipo A por líneas tipo K (fina de trazo y doble punto). En la representación de posiciones extremas o intermedias se puede hacer una representación completa (que incluya contornos, aristas, líneas ficticias, ejes, etc.), como en la figura 2.25, o bien una representación simplificada que incluya únicamente los contornos y los ejes.

Por otra parte, debe considerarse que en una unión móvil, la elección de las vistas principales debe atender al criterio general de respetar la posición de trabajo, pero también debe considerar el criterio específico de mostrar el movimiento relativo entre las piezas unidas. En consecuencia, es habitual el empleo de vistas de conjunto en explosión, vistas particulares, falsas vistas, vistas de piezas complementarias...

Otro aspecto particular a considerar es que dos piezas ligadas por una unión móvil, pueden, a su vez, estar ligadas a subconjuntos complejos por medio de uniones fijas. A veces puede ser necesi-

rio representarlo todo, pero en otras ocasiones, representar con detalle todo el subconjunto puede ser innecesario o redundante. Por tanto, al representar las diferentes posiciones de la unión puede optarse por:

- Representar sólo la pieza móvil, empleando la indicación de vista parcial.
- Representar tanto la pieza móvil como el subconjunto a que está conectada.
- Representar la pieza móvil y el contorno del subconjunto al que está conectada.

Para que estas representaciones sean correctas, será suficiente utilizar los convencionalismos apropiados en cada caso.

En la figura se ha representado esquemáticamente un molde doble de mordazas para inyección de mangos de destornillador. Por claridad, en los esquemas dados no se han considerado cortadas las piezas 4 y 8, indicándose con líneas de trazos los huecos de las mismas. En las figuras de la izquierda también se identifican las dos hojas de los destornilladores (H), que obviamente no pertenecen al conjunto.

Dos de los cuatro centradores (20, 21), y dos de los cuatro tornillos de unión (19, 22), de cada una de las mitades del molde (2, 9) con cada una de las mordazas (4, 10) aparecen representados con líneas de trazos, por estar detrás del plano de corte. Nótese que los tornillos limitadores (11) también sirven para fijar las guías (8), junto con los dos tornillos marca 23. Con el conjunto montado se inyecta el plástico fundido por el bebedero (12). Cuando el plástico solidifica (tomando la forma del mango de destornillador), el lado de la boquilla del conjunto se desplaza a la derecha. Entonces, empujando los pernos extractores (15) hacia la derecha, las mordazas 4 y 10 (cuya forma está esquematizada a la derecha) deslizan sobre sus guías (elementos de unión deslizantes), abriendo el molde tal como se muestra en la vista de la parte central derecha.

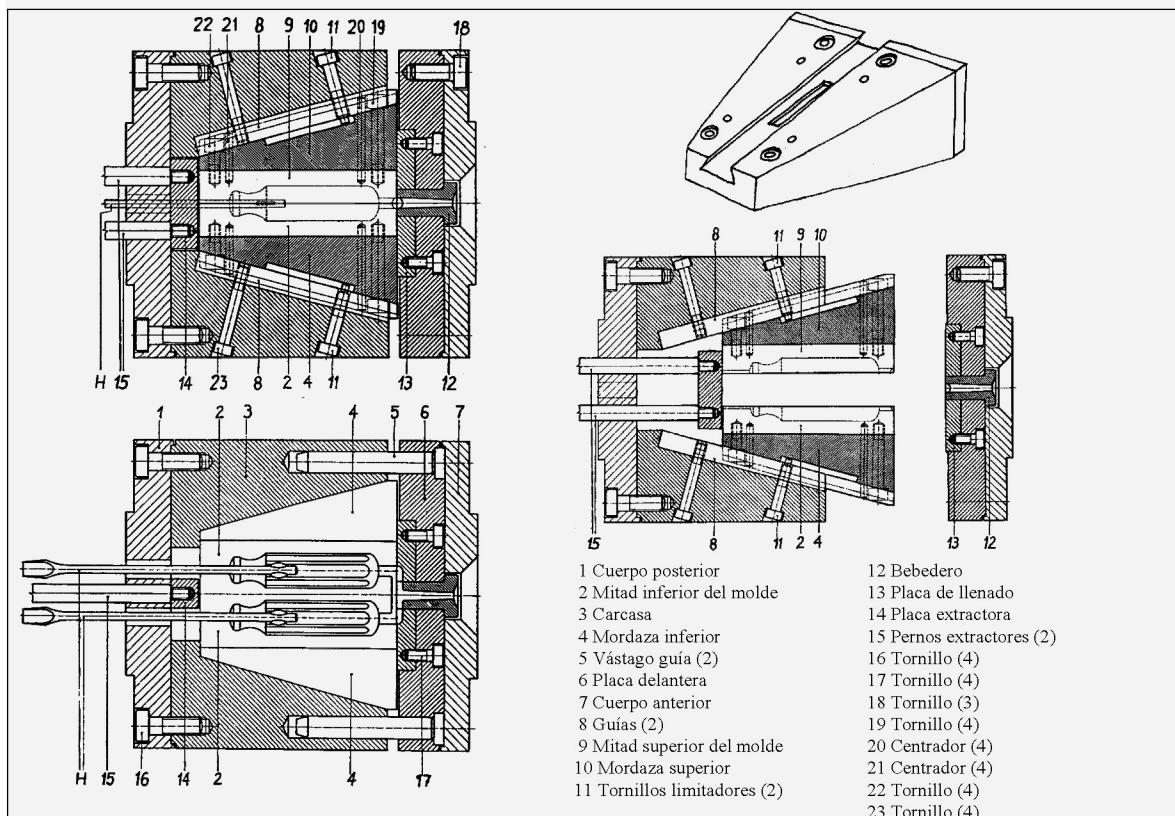


Figura 2.25 Molde para mangos de destornillador en su posición de cerrado (izquierda) y durante el proceso de apertura (derecha)

Elementos de unión móvil

Los elementos de unión móvil son partes de piezas, piezas completas o subconjuntos destinados a impedir unos movimientos y favorecer otros. La representación y acotación de elementos de unión móvil se hace según los criterios generales (UNE 1032:1982 y UNE 1039:1994), pero debe tenerse en cuenta que:

- Si la escala del dibujo no permite la correcta definición del elemento de unión, se deberá recurrir al correspondiente detalle.
- Si hubiera varios elementos de unión iguales y uniformemente espaciados, se puede recurrir a la simplificación de «elementos repetitivos» (UNE 1032:1982).
- La forma de los elementos de unión deben acotarse por separado (en forma y posición) del resto de elementos de las piezas a las que pertenecen.
- En muchos casos existe una «práctica de taller» que aconseja sobre las cotas concretas que son más apropiadas para dimensionar el elemento de unión.
- En algunos casos particulares, existen representaciones específicas normalizadas. Por ejemplo, ya se ha indicado en el capítulo anterior que para el caso particular de ejes con acanaladuras (válidos para permitir sólo el desplazamiento axial relativo entre el eje y cualquier pieza encajada en él) existe una norma específica de representación (UNE-EN ISO 6413:1995).

Además de las recomendaciones anteriores, y para entender mejor la funcionalidad y la geometría de los elementos de unión móvil, es conveniente estudiar algunos ejemplos característicos. Para ello, vamos a distinguir diferentes tipos de uniones móviles dependiendo de los movimientos que permiten: deslizantes, giratorias, articuladas y elásticas.

Entre las *uniones móviles por deformación elástica*, cabe distinguir entre piezas realizadas con materiales elásticos (tales como las juntas elásticas) y las piezas realizadas con formas geométricas que favorecen el comportamiento elástico. Un ejemplo de junta elástica se muestra en la figura 2.26, donde la unión elástica se obtiene por medio de un acoplamiento de material elástico. En cuanto a las piezas que tienen comportamiento elástico gracias a su geometría (aunque el material del que están hechas no tenga unas características elásticas destacadas), la variedad de posibles soluciones a este problema se puede observar comparando la solución simple de la figura 2.27 (en la que el elemento de unión es un muelle helicoidal de torsión), con la de la figura 2.28, en la que se emplea un subconjunto completo (basado en las propiedades elásticas de un muelle) para lograr la unión elástica deseada.

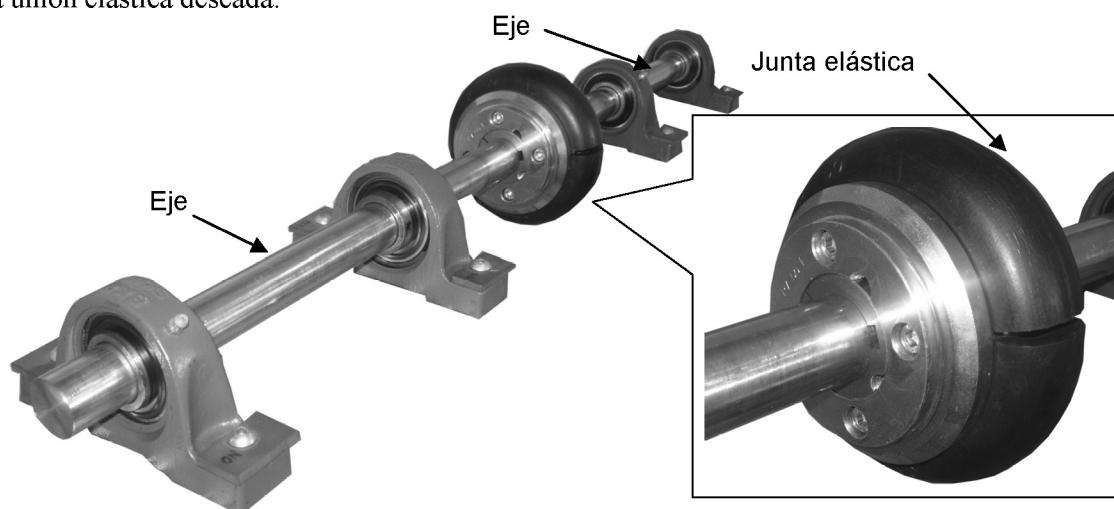


Figura 2.26 Unión elástica para transmisión de movimiento entre dos ejes mal alineados

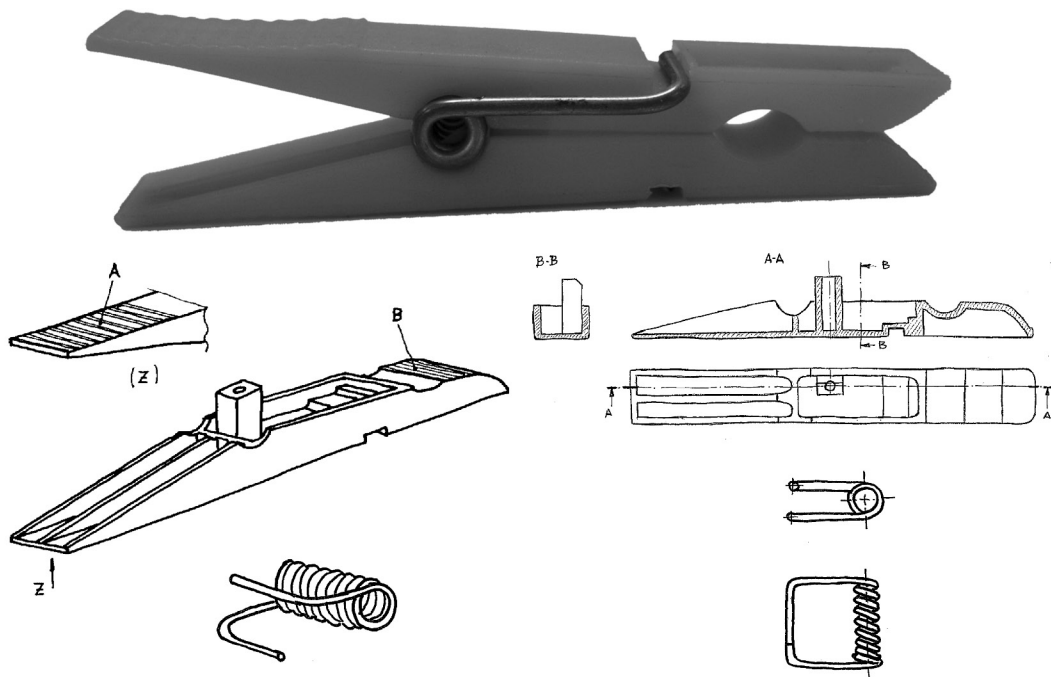


Figura 2.27 Unión elástica de los dos brazos de una pinza, mediante muelle helicoidal de torsión

En las fotografías se observan la base y la pinza de un cierre elástico de puerta de armario de cocina.

La base es una pieza simple de chapa doblada que se atornilla a la puerta.

La pinza es un subconjunto formado por una base, que se atornilla al marco de la puerta, dos brazos articulados, que se sujetan a la base mediante un remache (que actúa también como eje de giro para los brazos), el muelle, que confiere comportamiento elástico a la pinza y dos rodillos, que favorecen el cierre y la apertura eliminando el rozamiento durante el proceso de pinzamiento.

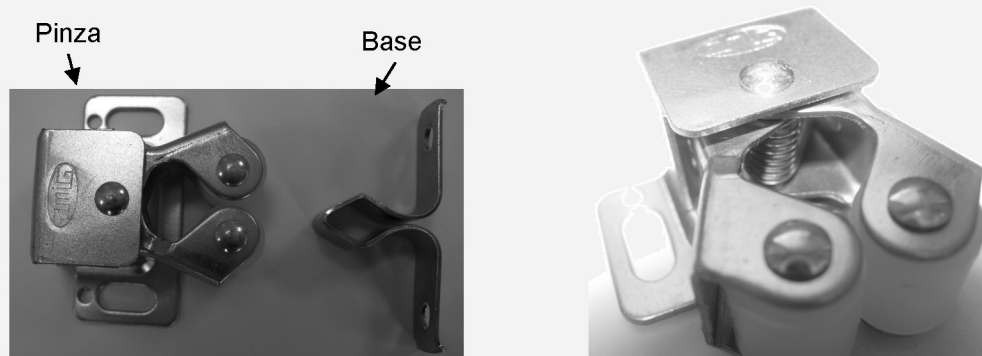


Figura 2.28 Cierre mediante unión con comportamiento elástico para puerta de armario de cocina

Las uniones articuladas más simples se obtienen mediante pasadores o bulones encajados en ojales (figura 2.29). Los elementos estandarizados que intervienen en tales uniones ya han sido descritos en el capítulo anterior. Las demás formas geométricas que intervienen en tales uniones se definen mediante la norma de criterios generales de representación. No obstante, existen algunos tipos de uniones articuladas más sofisticadas (tales como juntas cardan como la de la figura 2.30) que pueden llegar a requerir dibujos muy detallados de las soluciones adoptadas, y complejos estudios geométricos (con sus correspondientes dibujos) para definirlos.

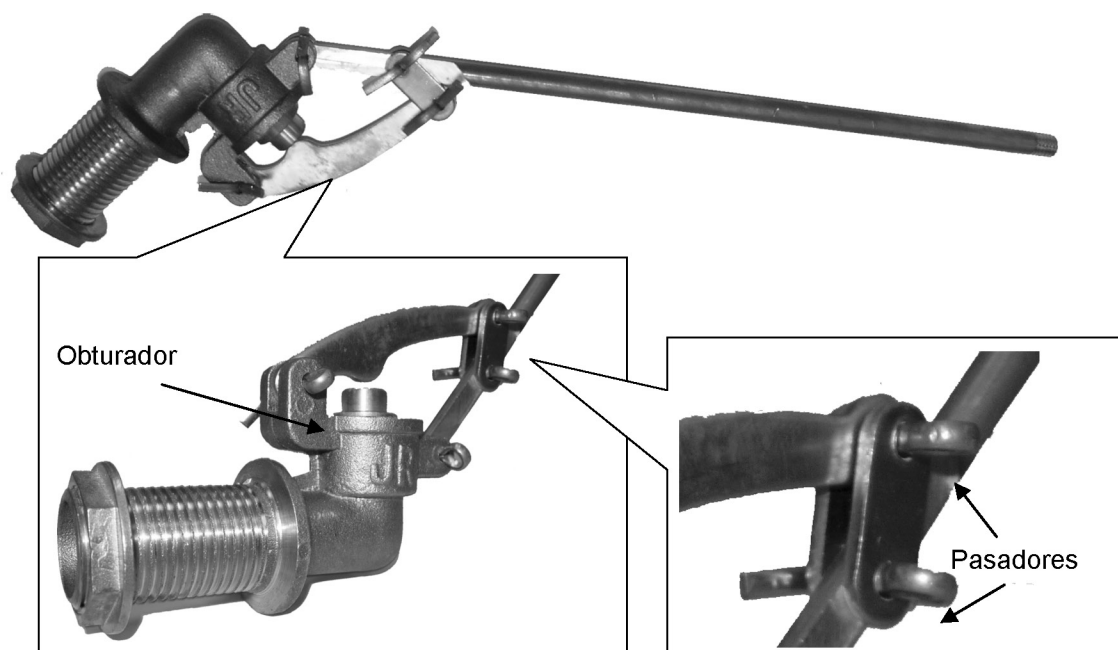


Figura 2.29 Válvula accionada por un flotador. Se observa el sistema de cuatro barras articuladas que acciona el obturador de la válvula

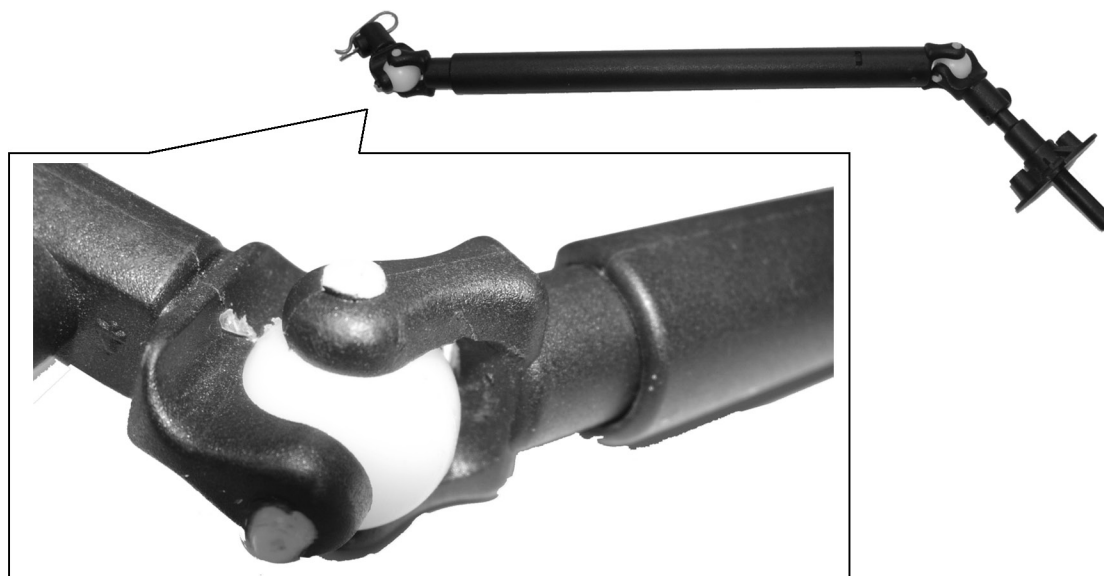


Figura 2.30 Barra de accionamiento de un mando selector de un electrodoméstico (horno eléctrico). Se observan las dos juntas cardán que permiten la transmisión del movimiento de giro entre los ejes concurrentes de entrada y salida

Las uniones con movimiento relativo de *rotación* se consiguen con formas geométricas cilíndricas coaxiales o con ejes o pasadores que unen las piezas que deben tener movimiento relativo de rotación. Una bisagra es un ejemplo simple pero abundante de tal tipo de uniones (figura 2.31). Para reducir o eliminar la fricción, se añaden cojinetes y rodamientos, que ya han sido descritos en el capítulo anterior.

La solución más simple para permitir un movimiento de *desplazamiento* entre dos piezas es disponer en las mismas de sendos elementos de guía con formas y dimensiones complementarias. De tal

modo que ambas piezas queden encajadas, impidiendo cualquier movimiento salvo el desplazamiento en la dirección de la propia guía. En la figura 2.32 izquierda se muestra el detalle de una guía para una mampara cuyo marco de sección rectangular desliza dentro de la guía con forma de U, y en la figura 2.32 derecha se muestra una cuchilla de cortar planos que desliza encajada en una guía cilíndrica que está a su vez alojada en una mesa especial.



Figura 2.31 Distintas soluciones constructivas para bisagras

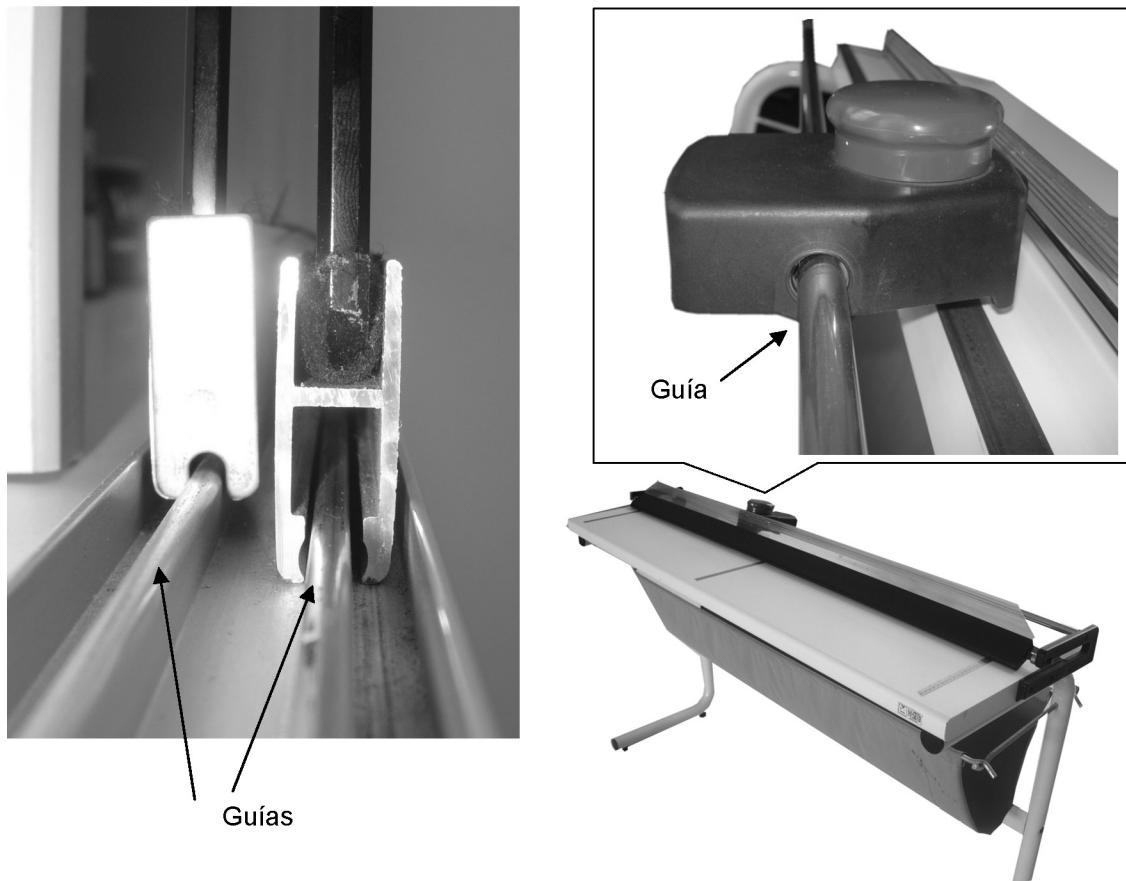


Figura 2.32 Guía de puerta de armario de herramientas (izquierda) y guía de cuchilla para cortar planos (derecha)

Otras soluciones más sofisticadas al problema de guiado incluyen subconjuntos complejos, tales como elementos de rodadura que deslizan sobre carriles (figura 2.33 izquierda) o incluso carriles telescópicos (figura 2.33 derecha). Todas ellas tienen que representarse como cualquier otro sub-

conjunto, pero posiblemente incluyendo representaciones en diferentes posiciones. Aunque, al igual que ocurre con muchas piezas estandarizadas, se puede llegar a prescindir de su representación de detalle en los casos en los que se pueden definir unívocamente mediante una referencia completa de catálogo, de norma, etc.

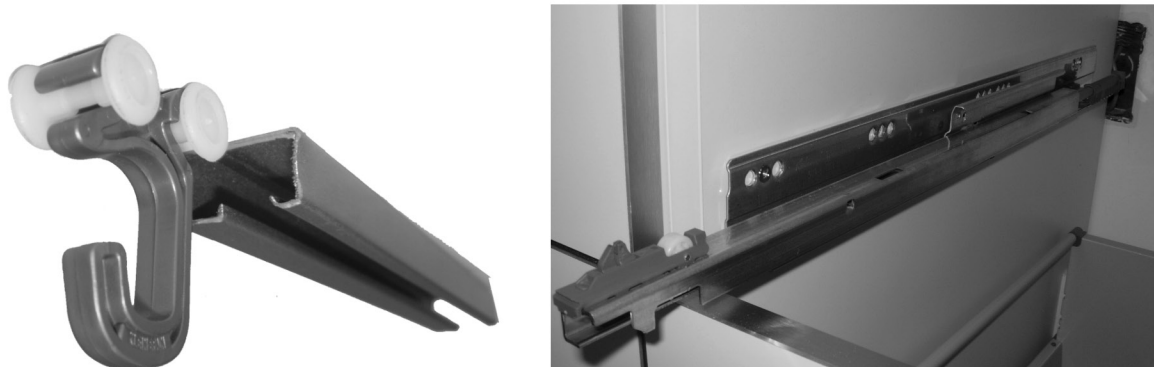


Figura 2.33 Elementos de rodadura para un gancho de percha de armario y guía telescópica para cajón de mueble de cocina

También hay que destacar que algunas guías no sirven para permitir el deslizamiento durante el funcionamiento, sino durante el montaje (ejemplo en la figura 2.34). No obstante, los criterios de representación son iguales a los de las guías de deslizamiento. Además, la importancia de las guías de montaje para entender el funcionamiento de los productos también es considerable.

En la figura se muestra una mesa de trabajo diseñada para sujetar cierto tipo de piezas mientras se las somete a un proceso de fabricación en una máquina herramienta.

Se trata de un boceto conceptual, a partir del cual se van a analizar los rangos de los parámetros que controlan el proceso de sujeción de las piezas mediante las mordazas 2 y 5.

En la cara inferior de la base se observan dos guías con perfil en forma de T, que sirven para sujetar la mesa a la bancada de la máquina herramienta en diferentes posiciones.

En el conjunto se observa el mecanismo de unión giratoria, de palanca y excéntrica, que se utiliza para amordazar las piezas tras colocarlas sobre la mesa.

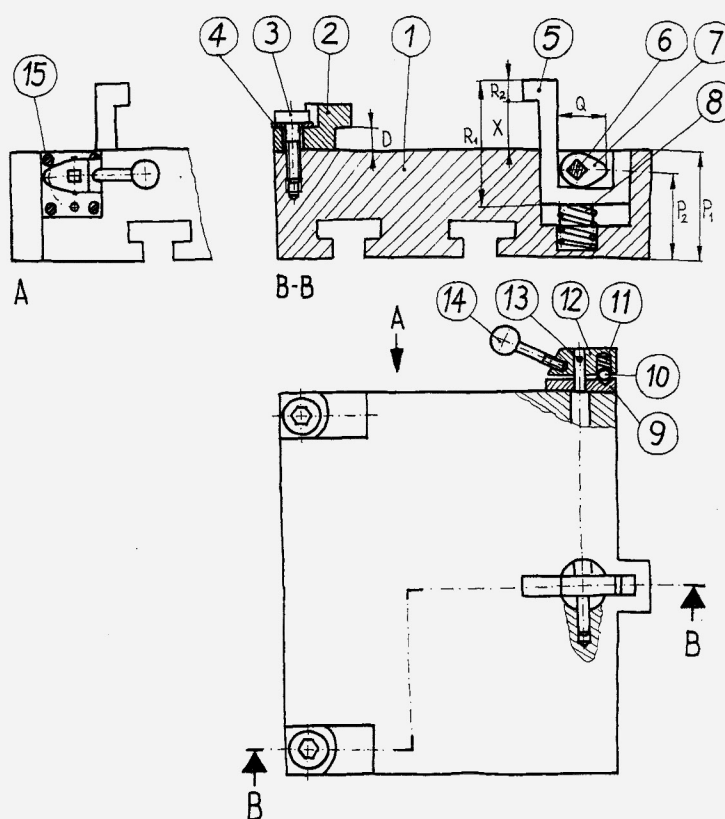


Figura 2.34 Mesa de trabajo con guías deslizantes

2.2.3 Uniones fijas y no desmontables

Los tres métodos más habituales para obtener una unión fija y no desmontable son:

- a) Añadir algún elemento aglutinador.

Si el elemento aglutinador no tiene función propia salvo la de unir, estamos en el caso de unión soldada o pegada. Si tiene función propia la unión es por moldeo o armado.

Las peculiaridades de sus respectivas representaciones se basan en que en las uniones por pegado, moldeo o armado, el propio proceso de formación de algunas de las piezas o componentes se realiza sobre un montaje previo del resto de componentes. De forma que primero se fabrican las otras piezas, y luego se fabrica la pieza aglutinante, de tal forma que la nueva pieza liga durante su formación a las piezas que quedan total o parcialmente embebidas en ella. Para deshacer la unión, el componente aglutinador debe ser roto.

En la unión *soldada* o *pegada*, el elemento aglutinador (material de aporte o pegamento) no es un componente del ensamblaje, en cuanto a que su forma únicamente está determinada por la función de unir al resto de componentes sin alterar las funciones de éstos y sin realizar ninguna función propia (salvo la de sellado de la unión). Por contra, en las uniones por *moldeo* de elementos de unión, son dichos elementos los que unen al resto y basta romperlos para volver a desmontar el conjunto sin perder ninguna de sus piezas funcionales.

- b) Introducir una pieza (o un subconjunto) de unión, cuya única función es inmovilizar a otras piezas.

Hay diferentes tipos de piezas de unión no desmontable cuya única finalidad es unir al resto de componentes del ensamblaje (grapas, remaches, clavos...). Todas ellas se suelen diseñar de modo que su forma se modifica en el momento de ensamblar, para conseguir la inmovilización. Por tanto, hay que representar su forma antes y después de la deformación.

- c) Modificar la forma de algunas piezas del producto, para que puedan inmovilizar al mismo tiempo que cumplen su función principal.

La alternativa de modificar piezas que tienen alguna funcionalidad para que, además, sirvan como elementos de unión es la más comprometida. El sobrecoste del diseño sólo se compensa si se produce el producto en grandes series, y el mantenimiento y reparación del producto resultan mucho más complicados.

En el tercer caso, por la propia naturaleza compleja y variada de las piezas que intervienen, no existen criterios de representación predefinidos: se aplican las normas y principios generales de representación. En los otros dos tipos de uniones fijas y no desmontables sí que existen peculiaridades de la representación que conviene conocer.

Uniones soldadas y pegadas

Para soldar, se calientan los bordes de las dos partes a unir y, por fusión de los bordes o por aporte de un tercer material, se consigue un material fundido que al solidificarse une a las dos piezas (figura 2.35).

Las uniones pegadas se obtienen también por fusión o por aporte de material. Pero, en lugar de calentar se aprovechan diferentes reacciones químicas, que se pueden producir entre el material de las piezas a pegar y el material de aporte (pegamento o diluyente) y/o el ambiente, para «curar» la unión. El curado o fraguado es el proceso en el que los adhesivos adquieren su fuerza de cohesión (UNE-EN 923:2006). La fuerza de los diferentes adhesivos varía de tal modo que en las normas se distingue entre uniones adhesivas estructurales y no estructurales, siendo las primeras las que tienen resistencias mecánicas acordes con las de los elementos estructurales que unen.



Figura 2.35 Soldadura

Las uniones soldadas tienen normas propias y detalladas de representación. Pero, para las uniones encoladas, aunque hay diferentes normas que regulan la unión mediante adhesivos (contemplando diferentes aspectos de las propiedades y de los ensayos destinados a garantizar el comportamiento de tales uniones bajo diferentes condiciones de utilización), apenas existen normas relativas a la representación. Una de las pocas normas existentes es la UNE-EN ISO 15785:2002 de representación y expresión simbólica de juntas encoladas, plegadas y prensadas. A falta de normas propias para uniones pegadas, se utilizan, por extensión, las partes más genéricas de las normas de soldadura.

Existen dos modos de representar las uniones pegadas o soldadas: normal y simbólico. El *modo normal* consiste en dibujar la zona de unión a escala suficientemente grande para que se pueda dibujar y acotar con todo detalle. En tal caso, la definición se realiza mediante las vistas, convencionalismos y cotas necesarios, siguiendo las normas generales de dibujo (figura 2.36). Para destacar el cordón de soldadura, en las vistas donde éste aparece longitudinalmente, se añade una representación convencional formada por una fila de arcos semejantes al símbolo de «cerrar paréntesis» (figura 2.36 izquierda). El símbolo recuerda la ondulación típica de los cordones de soldadura producida por las «pasadas» consecutivas de aporte de material.

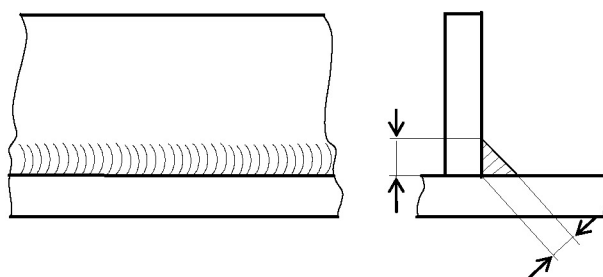


Figura 2.36 Representación gráfica de cordones de unión

El *modo simbólico* de representar consiste en realizar el dibujo a menor escala, sin mostrar los detalles de la unión, la cual se indica mediante un símbolo. Básicamente, para representar una unión soldada o encolada, se señala la zona de unión mediante un símbolo, como el mostrado en la figura 2.37, y se añaden las vistas, cortes y detalles necesarios para definir completamente la unión. La línea de flecha debe ser inclinada, con ángulo y grosor apropiados para destacar que se trata de líneas auxiliares. La punta de la línea de flecha debe señalar la junta a unir. El final de la línea de flecha enlaza con una línea de referencia, que deberá ser horizontal, y sobre la que se colocarán los

símbolos y acotaciones pertinentes. Se añade un símbolo de «cola» (<) en el extremo de la línea de referencia.

En definitiva, tal como dice la norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992), aunque las uniones pueden representarse de acuerdo con las recomendaciones generales para dibujo técnico, es aconsejable utilizar la representación simbólica descrita en la propia norma con el objeto de simplificar.

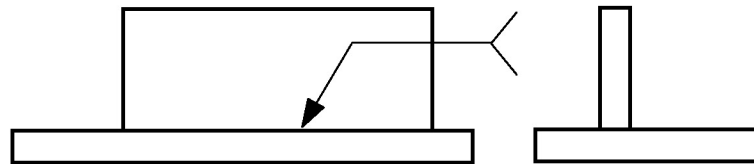


Figura 2.37 Símbolo básico para indicar una unión soldada o encolada

En ambos casos, la representación puede completarse para especificar las peculiaridades del proceso de unión, mostrando hasta tres aspectos: a) las posiciones relativas de los elementos a unir, b) la geometría del elemento de unión y c) las especificaciones particulares del proceso de fabricación. Los dos primeros aspectos no requieren símbolos en el caso de la representación normal y sí los requieren en el caso de representación simbólica; pero las indicaciones de fabricación (cuando son necesarias) requieren el empleo de símbolos en ambos tipos de representación.

La posición relativa entre las dos piezas a unir determina las diferentes clases de *juntas* (ver tabla 2.1), las cuales pueden indicarse indistintamente mediante un dibujo de detalle (representación normal) o mediante una leyenda situada sobre el símbolo básico (representación simbólica).

El material fundido o de aporte adquiere al solidificarse una forma que se denomina *cordón* (figura 2.38).

LEYENDA	DETALLE	LEYENDA	DETALLE
A tope		Angular	
Con solape		Oblicua	
Paralela		Múltiple	
En "T"		En cruz	

Tabla 2.1 Vista en corte transversal de algunos tipos de juntas soldadas o pegadas



Figura 2.38 Fotografías de distintos cordones de soldadura

Las formas de cordón más habituales también se pueden indicar recurriendo a la representación gráfica, o por medio de una leyenda en la representación simbólica. La norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992) recoge hasta veinte símbolos «elementales» para especificar la geometría del cordón y el tipo de junta (tabla 2.2). Tanto los símbolos como las leyendas se colocan sobre la línea de referencia.

Nº	DESIGNACIÓN	ILUSTRACIÓN	SÍMBOLO
1	Soldadura a tope de chapas con bordes levantados; soldadura de borde en canto /USA/ (los bordes levantados se fundirán completamente)		
2	Soldadura a tope con bordes planos		
3	Soldadura a tope en V simple		
4	Soldadura a tope en bisel simple		
5	Soldadura a tope en V simple con talón de raíz amplio		
6	Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
7	Soldadura a tope en U simple (lados paralelos o en pendiente)		
8	Soldadura a tope en J simple		
9	Cordón de respaldo: Soldadura de reverso o de respaldo /USA/		
10	Soldadura en ángulo		
11	Soldadura de tapón o de ojal /USA/		

Tabla 2.2 Símbolos elementales para representación de diferentes tipos de juntas, según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992)

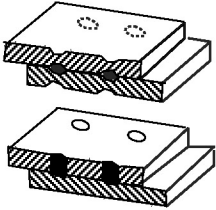

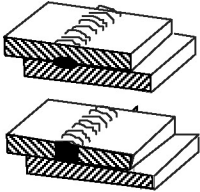

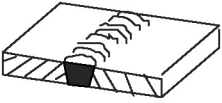

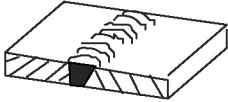

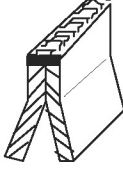

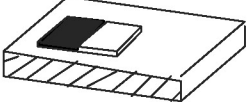

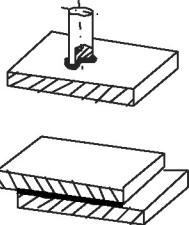

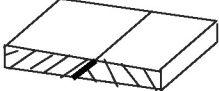

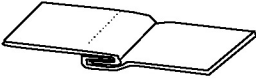

12	Soldadura por punto		
13	Soldadura por costura		
14	Soldadura a tope en V simple con flancos empinados		
15	Soldadura a tope en bisel simple con flancos empinados		
16	Soldadura de canto		
17	Recargue		
18	Unión superficial		
19	Unión inclinada		
20	Unión en pliegue		

Tabla 2.2 Símbolos elementales para representación de diferentes tipos de juntas, según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992) (continuación)

Además de emplear individualmente los símbolos elementales de la tabla 2.2, la norma permite combinarlos para definir otros tipos de uniones. Un caso particular de combinación, recogido en la propia norma, es el de los cordones de soldadura simétricos, que se indican conjuntamente mediante los símbolos específicos de la tabla 2.3.

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura a tope en V doble (soldadura en X)		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en V doble con talón de raíz amplio		
Soldadura a tope en bisel doble con talón de raíz amplio		
Soldadura a tope en U doble		

Tabla 2.3 Símbolos combinados para soldaduras simétricas, según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992)

Mediante combinaciones apropiadas de símbolos se pueden representar también otras disposiciones combinadas de soldaduras. Tal es el caso de las soldaduras alternadas mostradas en la figura 2.39.

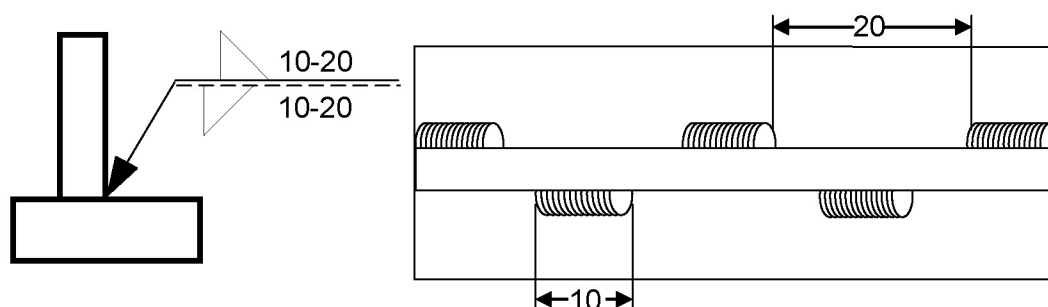


Figura 2.39. Soldaduras en ángulo con cordones discontinuos alternados

Por último, las juntas en general, y los cordones en particular, pueden tener diferentes peculiaridades, alguna de las cuales pueden representarse mediante símbolos suplementarios. Por ejemplo, en la norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992) se especifican símbolos suplementarios para definir el *acabado de la superficie* del cordón de soldadura (tabla 2.4). Como en todos los procesos de fabricación, cabe recordar que el acabado de la superficie obliga a realizar las soldaduras con más cuidado, o a realizar un tratamiento posterior de acabado, por lo que sólo deben añadirse tales especificaciones en casos en los que su ausencia puede dar lugar a soldaduras no compatibles con la función de la pieza soldada. Su ausencia se interpreta como que no se requiere que la superficie de la soldadura sea más precisa de lo habitual.

Respecto a las indicaciones del proceso de fabricación, cabe destacar que las piezas a unir pueden necesitar algún tipo de *preparación*, tal como la realización de ranuras, chaflanes, rebordes, etc.; también pueden ser necesarias piezas complementarias de *refuerzo*. Algunas de estas indicaciones están implícitas en el tipo de junta (tabla 2.5), en otros casos, se añaden las vistas y convenciona-

lismos necesarios para mostrar la preparación requerida. En caso de que la preparación se realice en una sola de las piezas, la flecha de la indicación simbólica debe señalar la pieza que ha de llevarla.

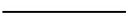






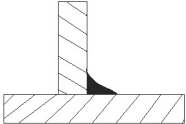






Forma de la soldadura o de su superficie	Símbolo	Designación	Ilustración	Símbolo
a) Plano (normalmente acabado a paño)		Soldadura a tope en V simple plana (a paño)		
b) Convexa		Soldadura a tope en V doble convexa		
c) Cóncava		Soldadura en ángulo cóncava		
d) Acuerdos de transición suave		Soldadura a tope en V simple plana (a paño) con cordón de respaldo plano (a paño)		
e) Empleo de pletina de respaldo permanente				
f) Empleo de pletina de respaldo eliminable				

Tabla 2.4 Símbolos suplementarios para acabado de la superficie de cordones de soldadura (izquierda), y algunos ejemplos de aplicación (derecha), según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992)







TIPO DE PREPARACIÓN	SÍMBOLO	EJEMPLO
Bordes rectos		
En V		
En semi-V		

Tabla 2.5 Algunos tipos de preparación de los bordes, previos a la soldadura.

Otras indicaciones asociadas a la unión pueden detallar diferentes factores técnicos que intervienen en el proceso: tipo del material de aporte, preparación mediante tratamientos químicos o térmicos de las superficies, sistema de aplicación del material de aporte (secuencia, tiempos, rangos de temperatura, etc.). Se suelen añadir en forma de leyendas tras el símbolo de cola (figura 2.40 arriba). De hecho, el símbolo de cola se suele suprimir cuando no hay que hacer constar indicaciones de fabricación o inspección. Si, por el contrario, hay muchas especificaciones de fabricación, se puede utilizar una «cola cerrada» mediante un rectángulo en el que se incluye la referencia al documento que contiene las instrucciones completas (figura 2.40 abajo). Esta forma de incluir las indicaciones mediante referencia es apropiada cuando las indicaciones son muy numerosas, o cuando se quiere separar el plano de diseño de las indicaciones detalladas de fabricación.

Un caso particular de símbolo de fabricación es el «banderín» que indica que la soldadura se debe realizar «a pie de obra», durante el montaje (figura 2.41).

El ejemplo, tomado de la norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992), muestra una indicación de soldadura a tope en V simple, con pasada de respaldo, mediante soldeo con electrodo revestido (número de referencia 111 de acuerdo con la norma ISO 4063), nivel de aceptación requerido de acuerdo con la norma ISO 5817, en posición plana (PA) de acuerdo con la norma ISO 6947, electrodo revestido ISO 2560 E 51 2 RR 22.

En la planta se ha repetido el símbolo de soldadura, pero, en lugar de añadir las mismas indicaciones que en el alzado, se ha puesto un recuadro con una referencia al documento en el que estarían contenidas las indicaciones (denominado A1 en el ejemplo).

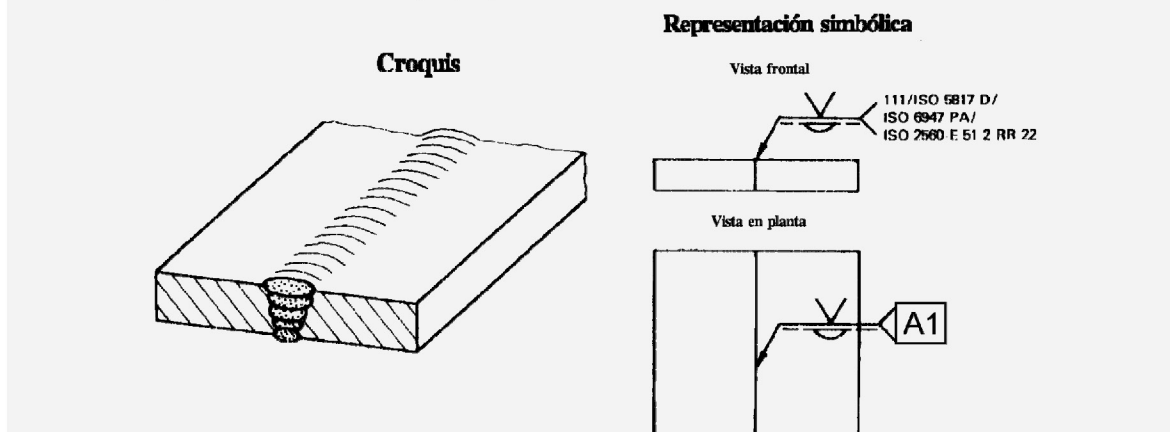


Figura 2.40 Ejemplo de indicación de fabricación de una soldadura mediante una cola abierta o mediante una cola cerrada

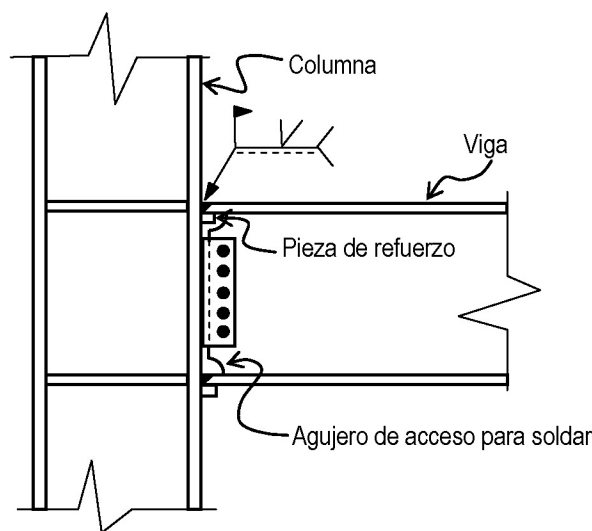


Figura 2.41 Banderín indicando soldadura «a pie de obra»

En definitiva, hemos visto que para definir una unión pegada o soldada hay que: a) definir las zonas a unir (tipo de junta) y la preparación que puedan requerir los bordes; b) definir las características geométricas del cordón (forma, tamaño y posición), y c) indicar las características propias del procedimiento de fabricación. Ahora es importante añadir que las dimensiones principales de las características geométricas del cordón para los tipos de soldadura más usuales están recogidas en la norma (tabla 2.6), porque, en general, son éstas y no otras las que se deben usar tanto para diseño como para inspección.

Nº	Designación de las soldaduras	Croquis	Definición	Símbolo
1	Soldadura a tope		S: mínima distancia desde la superficie de la pieza al fondo de la penetración. No podrá ser superior que el espesor de la pieza más delgada.	
2	Soldadura a tope de chapas con bordes levantados (1)		S: mínima distancia desde la superficie exterior de la soldadura al fondo de la penetración.	
3	Soldadura en ángulo continua		a: altura del mayor triángulo isósceles que puede inscribirse en la sección. z: lado del mayor triángulo isósceles que puede inscribirse en la sección.	
4	Soldadura en ángulo intermitente		l: longitud de la soldadura (sin cráteres de final de cordón) (e): distancia entre tramos de las soldaduras adyacentes n: número de tramos de la soldadura a: véase nº 3 z: véase nº 3	
5	Soldadura en ángulo intermitente alternada		l: véase nº 4 (e): véase nº 4 n: véase nº 4 a: véase nº 3 z: véase nº 3	
6	Soldadura en tapón u ojal		l: véase nº 4 (e): véase nº 4 n: véase nº 4 c: ancho del ojal	
7	Soldadura por costura		l: véase nº 4 (e): véase nº 4 n: véase nº 4 c: ancho de la soldadura	

(1) Las soldaduras a tope de las chapas con bordes levantados (símbolo 1) sin penetración completa se simbolizarán como soldaduras a tope con bordes planos (símbolo 2) indicando espesor de soldadura.

Tabla 2.6 Dimensiones principales para los tipos de soldadura más usuales, según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992)

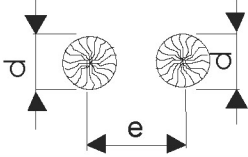
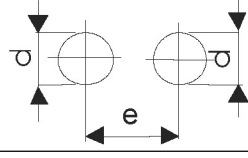
8	Soldadura de tapón		n: véase nº 4 (e): espaciado d: diámetro del agujero	$d \sqcap n(e)$
9	Soldadura por puntos		n: véase nº 4 (e): espaciado d: diámetro del agujero	$d \bigcirc n(e)$

Tabla 2.6 Dimensiones principales para los tipos de soldadura más usuales, según norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992) (continuación)

En la tabla 2.6 se observa que, en el caso de representación simbólica, las dimensiones no se acotan sobre el dibujo, sino que se especifican en el símbolo de soldeo. Por tanto, es importante utilizar las dimensiones establecidas por la norma, y hacerlo siguiendo los criterios de representación de la propia norma. En la tabla se observa que el criterio general es que las dimensiones relativas a la sección transversal se ponen antes que el símbolo de soldeo, y las relativas a la situación longitudinal se ponen después del símbolo. En la tabla también se observa que para las soldaduras en ángulo se puede optar por dos criterios diferentes: en el primero, se acota la «profundidad» del cordón (parámetro a), mientras que en el segundo se acota la «altura» del cordón (parámetro z).

Otro aspecto crítico en el modo de representación simbólico es que la posición del cordón puede ser ambigua en algunos aspectos, por lo que la norma UNE-EN 22553:1995 (ISO 2553:1992) también detalla el modo de indicar tales juntas para evitar ambigüedades. En efecto, en el caso de la representación simbólica, la flecha de referencia aporta la información sobre la forma y la posición de la unión, por lo que debe prestarse mayor atención a su trazado. En principio, la flecha identifica la junta que se va a soldar o pegar. Pero, además, de la posición de la flecha en el plano se deduce la *posición del cordón*. Para ayudar a identificar la posición del cordón de soldadura, la línea de referencia puede ser doble: una línea continua y otra línea de trazos. De forma que la línea continua indica el lado visible de la junta (respecto a la vista en la que se sitúa la indicación), y la línea de trazo indica el lado oculto. Así, si el símbolo se apoya en la línea de referencia continua, significa soldar por el lado de la flecha; si se apoya en la línea de trazos, significa soldar por el otro lado. La figura 2.42 muestra el criterio para determinar el «lado de la flecha» y el «otro lado». Mientras que la figura 2.43 muestra diferentes ejemplos de colocación de símbolos apoyados en la línea continua o en la de trazos. Nótese que para soldaduras simétricas no es necesaria la línea de trazos porque no existe ambigüedad sobre la colocación de los cordones.

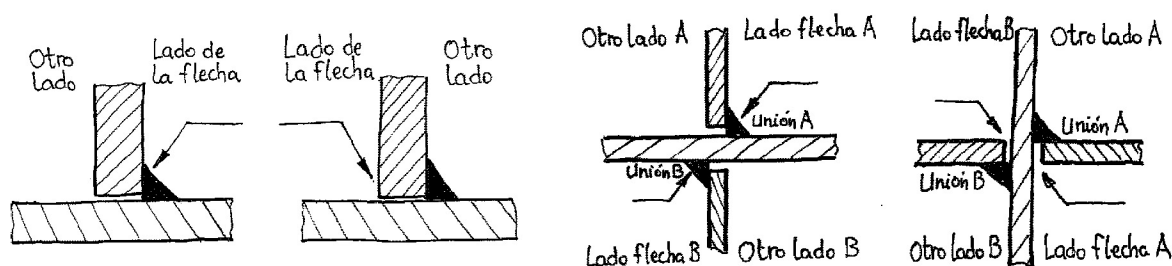


Figura 2.42 Criterio para determinar el «lado de la flecha» y el «otro lado»

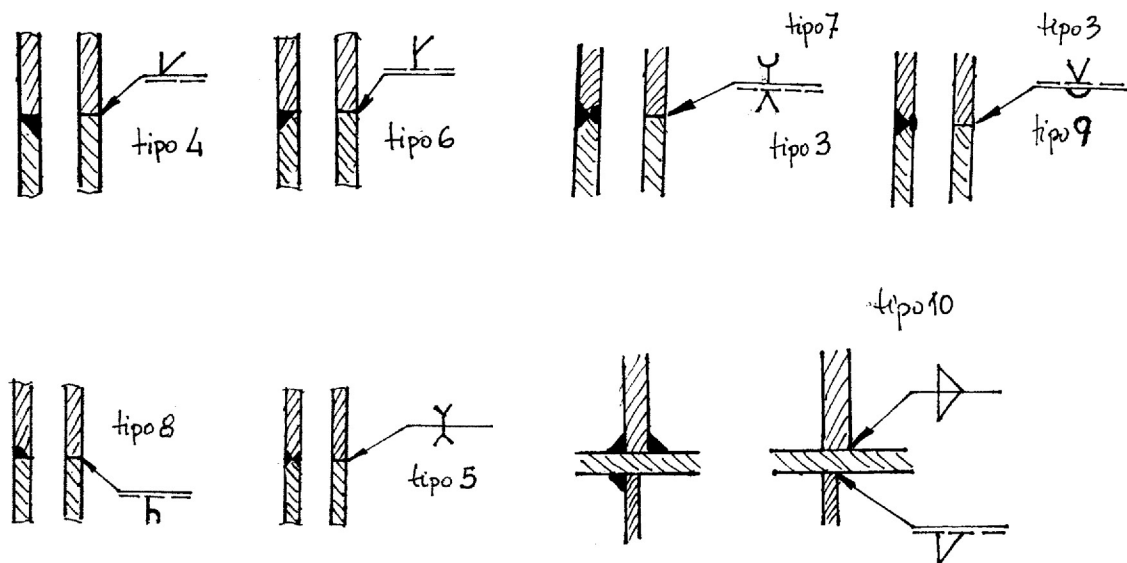


Figura 2.43 Ejemplos de representación normal y simbólica de diferentes posiciones del cordón de soldadura (con indicación del tipo de soldadura, según la tabla 2.2)

Un caso particular de indicación de la junta es el caso de «todo alrededor», que se indica señalando cualquier punto de una junta que forme parte de un perímetro, y añadiendo un pequeño círculo centrado en el punto de contacto entre la flecha y la línea de referencia (figura 2.44). La interpretación es que el cordón de soldadura debe extenderse alrededor de todo el perímetro. Obviamente se trata de una excepción, puesto que lo normal es asumir que las juntas coinciden con aristas individuales de las piezas a unir.

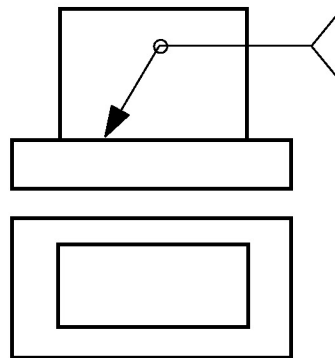


Figura 2.44 Soldadura «todo alrededor» del perímetro visible en la planta

Antes de terminar con las uniones soldadas o encoladas, conviene indicar que en ellas es muy importante tener en cuenta el tipo de esfuerzos que va a tener que soportar la unión; incluso en el caso de que se trate de uniones no estructurales. De hecho, muchas veces ocurre que pequeñas modificaciones en el diseño, ayudan a conseguir uniones sometidas a menores esfuerzos (figura 2.45). Recíprocamente, al interpretar dibujos que contengan uniones soldadas o pegadas, no se deben esperar «malos diseños», por lo que se deberán buscar las soldaduras en las juntas más resistentes.

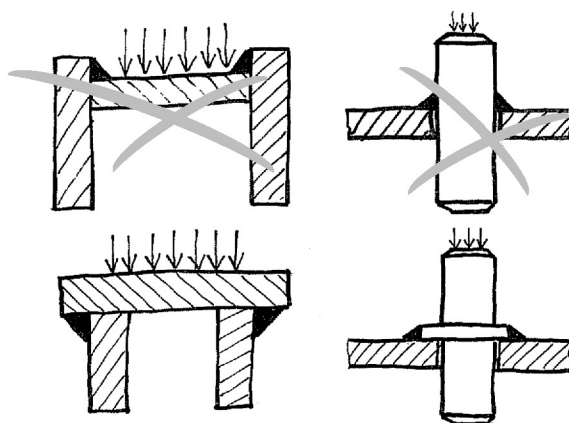


Figura 2.45 Rediseño de malas uniones soldadas (arriba) para que soporten mejor los esfuerzos (abajo)

También, hay que tener en cuenta que el proceso de soldadura requiere un instrumental y un operario que necesitan espacio físico, por lo que las uniones soldadas o encoladas deberán diseñarse teniendo en cuenta las necesidades de espacio durante la fabricación, la inspección y el mantenimiento (figura 2.46).

Por último, hay que evitar poner soldaduras en superficies cuyo aspecto tenga importancia estética o funcional para evitar la necesidad de recurrir a acabados de la superficie de cordones (figura 2.47)

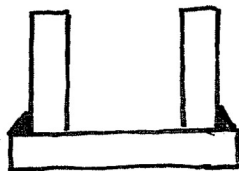
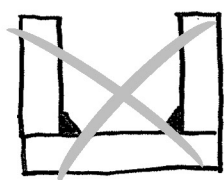


Figura 2.46 Soldadura inaccesible (izquierda) y soldadura equivalente pero accesible (derecha).

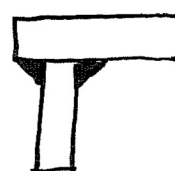
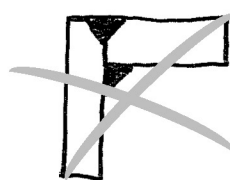


Figura 2.47 Soldadura en superficie funcional (izquierda) y soldadura equivalente pero situada en superficie no funcional (derecha)

Uniones por moldeo y armado

Las uniones no desmontables por moldeo o armado son aquellas en las que un elemento sirve como aglutinador de un subconjunto de piezas al tiempo que realiza una función propia. El elemento que aglutina se moldea haciendo recargas o coladas del material de dicho elemento sobre ciertas superficies de las piezas a unir.

La representación de subconjuntos unidos por armado se hace por medio del dibujo de conjunto y de los correspondientes dibujos de detalle o despiece. No obstante, existen ciertas particularidades que es conveniente detallar:

- En el dibujo de conjunto se suele indicar la posición de los elementos aglutinados respecto al elemento aglutinador (cota A en la figura 2.48).
- Si la representación del conjunto lo permite, la especificación de la pieza aglutinadora se puede dar en el propio dibujo de conjunto (resto de cotas en la figura 2.48).

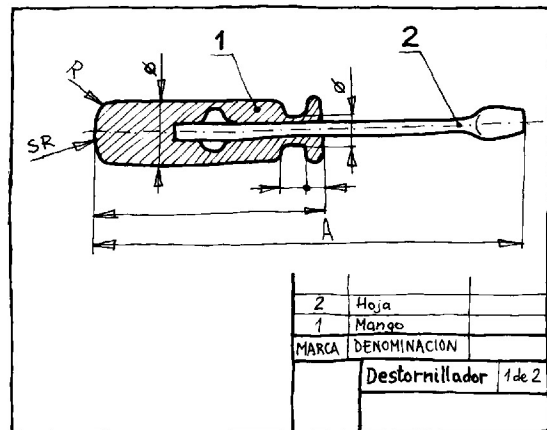


Figura 2.48 Dibujo de conjunto de un destornillador con unión por elemento aglutinador

- El resto de piezas, es decir, las piezas aglutinadas, se definen del modo habitual y por separado (figura 2.49).

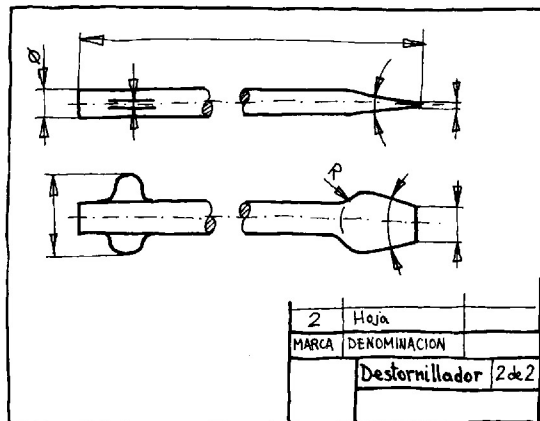


Figura 2.49 Dibujo de detalle de la hoja del destornillador (elemento a unir)

- La forma y dimensiones del elemento aglutinador (así como cualquier información relativa a su proceso de fabricación) también puede representarse en un dibujo de despiece especial (figura 2.50).
- En dicho dibujo, los huecos para el alojamiento de las piezas aglutinadas sólo se representan si se considera necesario. En tal caso, se emplea la simbología de «partes contiguas» (5.1 de UNE 1032:1982).

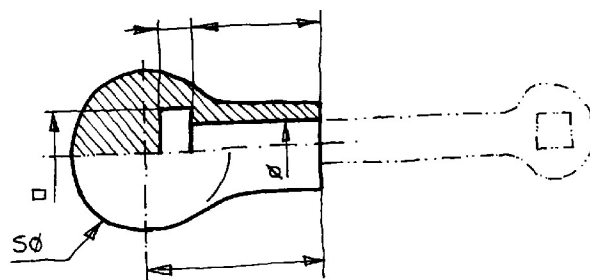


Figura 2.50 Dibujo de detalle de un mango de herramienta que actúa como elemento aglutinador

- Si alguno de los elementos aglutinados está estandarizado, se especifica en el cajetín (o con una leyenda) y no se incluye su despiece (figura 2.51).

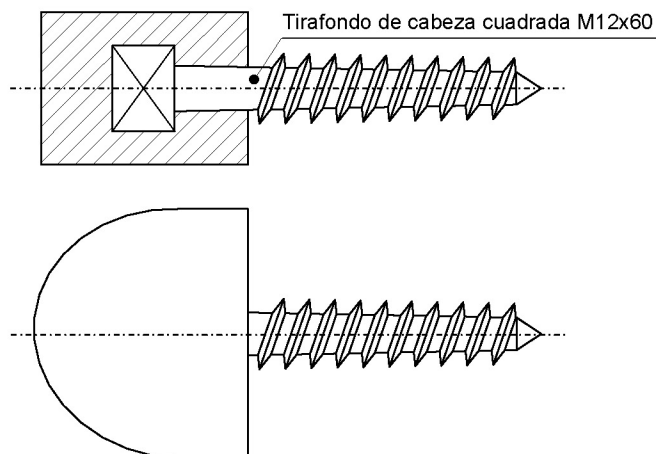


Figura 2.51 Definición, mediante leyenda, del elemento a unir de un soporte para estantería

- Opcionalmente, si no hay mucha densidad de información, la forma y dimensiones de los elementos aglutinados se especifica también en el dibujo de conjunto. Un caso típico es el de los dibujos de construcción de hormigón armado (figura 2.52).
- En el ejemplo de representación de la cimentación de poste de señales, se observa cómo el dibujo de conjunto es suficiente para indicar la forma, dimensiones y posición de los elementos aglutinados (pernos de anclaje), y la forma y dimensiones del elemento aglutinador (hormigón).

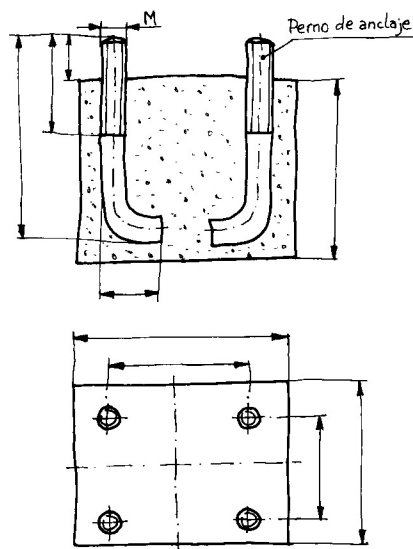


Figura 2.52 Cimentación de poste de señales con conducto para cableado

Uniones por conformado de elementos de unión

Las uniones no desmontables por conformado de elementos de unión se realizan con elementos que adquieren su forma final durante el proceso de montaje. Son elementos que se fabrican con una forma que permite colocarlos en su lugar para, a continuación, modificar dicha forma hasta conseguir que inmovilicen total o parcialmente la unión. Por tanto, desde el punto de vista de la representación, en el caso más general se precisa: a) indicar su forma inicial (previa al montaje); b) indicar su forma final (después del montaje); c) indicar la posición de montaje; y d) indicar el orden de montaje.

De entre la gran variedad de este tipo de elementos destacamos dos tipos de uso muy frecuente:

- Los clavos y las grapas, que suelen emplearse para unir materiales no excesivamente duros ya que normalmente es el propio clavo o la grapa el que perfora las piezas a unir en el proceso de montaje. Además, la resistencia de la unión no es muy alta.
- Los remaches, que se emplean para lograr uniones muy resistentes. Las piezas a unir deben ser taladradas antes del montaje del remache, pudiendo así conseguir uniones con una alta resistencia.

Se puede considerar la *unión clavada* como caso límite de unión no desmontable con elementos de unión. Por una parte, los clavos pueden considerarse una variante de elementos de unión por conformado, ya que se deforman al clavarlos (aunque sea muy poco en algunos casos). Por otra parte, los elementos a unir también modifican su forma al ser perforados por el clavo. En sentido estricto, por tanto, la unión clavada no puede desmontarse sin que las piezas queden «rotas» (perforadas por el clavo). Tal es el caso del mobiliario de madera. Sin embargo, en aplicaciones donde la estética o la posición precisa de los clavos no sean importantes, las piezas pueden utilizarse de nuevo (por ejemplo en encofrados, andamios, escenarios, etc.).

Los clavos o «puntas» constan de cabeza, caña y punta y están fabricados de diferentes materiales metálicos, entre los que predomina el alambre de acero sin alear (figura 2.53). La caña es de sección circular para los clavos aislados y de sección cuadrada o rectangular para los peines de clavos que se usan para clavar con máquina. La punta suele estar tallada en pico con un corte impreciso del que sólo cabe destacar la longitud aproximada. La cabeza puede ser plana lisa, avellanada, avellanada profunda (de embutir), recalcada, semiesférica...

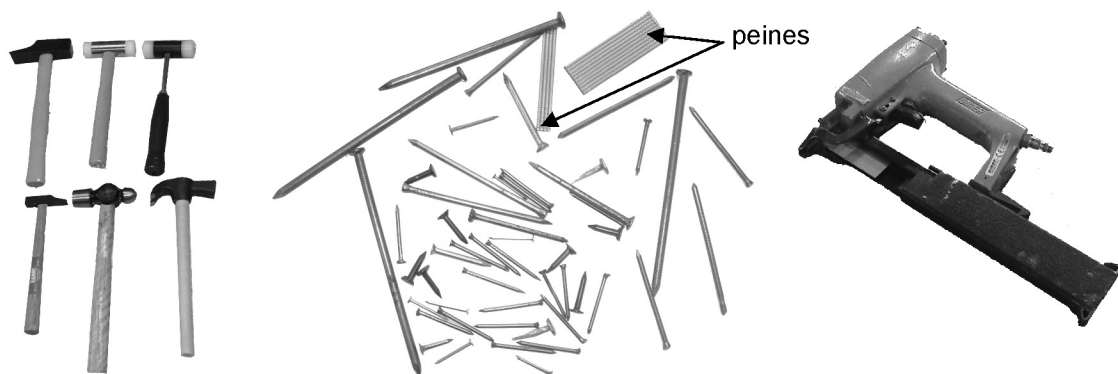


Figura 2.53. Diferentes tipos de martillos manuales (izquierda), clavos aislados para clavar con martillo (centro) y máquina para clavar clavos agrupados en «peine» (derecha)

Existe una norma de nomenclatura y representación gráfica de «clavazón» (UNE 17022:1969) que incluye la representación gráfica, las denominaciones de las variantes principales y las referencias a las normas particulares.

En general, no se realizan planos de detalle de los clavos, porque se suelen utilizar clavos normalizados o disponibles en catálogos de fabricantes. En consecuencia, se especifican sus características y/o referencias de catálogo en los cajetines de los dibujos de conjunto. Habitualmente, se identifican mediante el diámetro de la caña o «grueso», que se suele dar en décimas de milímetro, la longitud (que se suele dar en milímetros) y el tipo de la cabeza (que se suele definir haciendo referencia a alguna norma). Por ejemplo, un clavo de 15 x 25 tiene un diámetro de 1,5 mm y una longitud total de 25 mm.

La posición de los clavos en el montaje sí que se especifica en el dibujo de conjunto. Pero, en la mayoría de los casos se recurre a especificaciones aproximadas, que indican el número aproximado

de clavos y la separación aproximada entre ellos. Esto se hace por medio de leyendas y de representaciones simplificadas de la posición de los clavos. No existe una norma específica, por lo que se utilizan los mismos criterios descritos en UNE-EN ISO 5845-1:2000 de dibujos técnicos. Representación simplificada del montaje de piezas mediante elementos de fijación. Parte 1: Principios generales.

Los *tirafondos* son un tipo de tornillos para madera que tienen roscas con formas que permiten meter el tornillo con pocos giros de destornillador (o, incluso, a golpes de martillo), y se puede sacar con un destornillador (figura 2.54). Las tipologías más usuales están normalizadas: UNE 17023:1968 para tirafondos de cabeza abombada y avellanada con ranura recta; UNE 17024:1968 para tirafondos de cabeza redonda con ranura recta; UNE 17025:1968 para tirafondos de cabeza plana avellanada con ranura recta; UNE 17027:1967 para tirafondos de cabeza redonda con muesca cruciforme y UNE 17028:1969 para tirafondos de cabeza plana avellanada con ranura cruciforme.

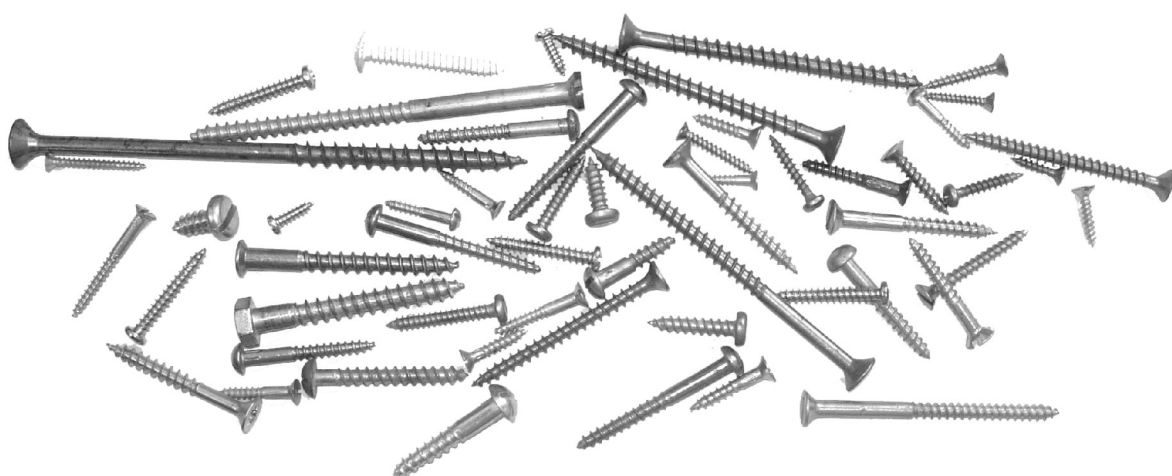


Figura 2.54. Diferentes tipos de tirafondos

Se representan igual que los tornillos descritos en el capítulo 1, pero teniendo en cuenta que al ser autorroscantes y para aplicaciones con menores solicitaciones mecánicas, no se fabrican con la misma precisión que los tornillos con roscas finas (en concreto, se asemejan a los tornillos con rosca cortante descritos en UNE 17006:1961). Por tanto, en muchas ocasiones, los tirafondos se tratan como si fueran clavos: se indica su número y posición aproximada en el dibujo de conjunto, y se especifican sus características mediante una referencia a norma o al catálogo de un fabricante en concreto.

Las *grapas* son alambres de diferentes secciones, cuyos extremos se doblan abrazando a los elementos a unir, o bien los atraviesan clavándose en su interior. A veces se doblan posteriormente para afianzar la unión (figura 2.55 izquierda).

Las grapas pequeñas se aplican mediante grapadoras manuales, las más grandes se aplican mediante martillos o grapadoras con accionamiento neumático, eléctrico, etc. Sus aplicaciones industriales son variadas: sirven para sujetar cables eléctricos a la pared, sujetar el tejido de los muebles, armar cajas de cartón, etc. Las grapas se presentan juntas mediante pegamento formando «peines» (figura 2.55 centro). Tienen las ventajas de que son muy baratas y que el «puente» de la grapa permite abrazar materiales poco resistentes (tela, cartón, cables) sin desgarrarlos. Existen muchas tipologías de grapas y diferentes elementos de unión semejantes o derivados (figura 2.55 derecha). Dado que hay formas normalizadas de designación de grapas (por ejemplo DIN 7405), lo usual es no hacer ningún tipo de dibujo de detalle, e incluir la referencia apropiada en los dibujos de conjunto.

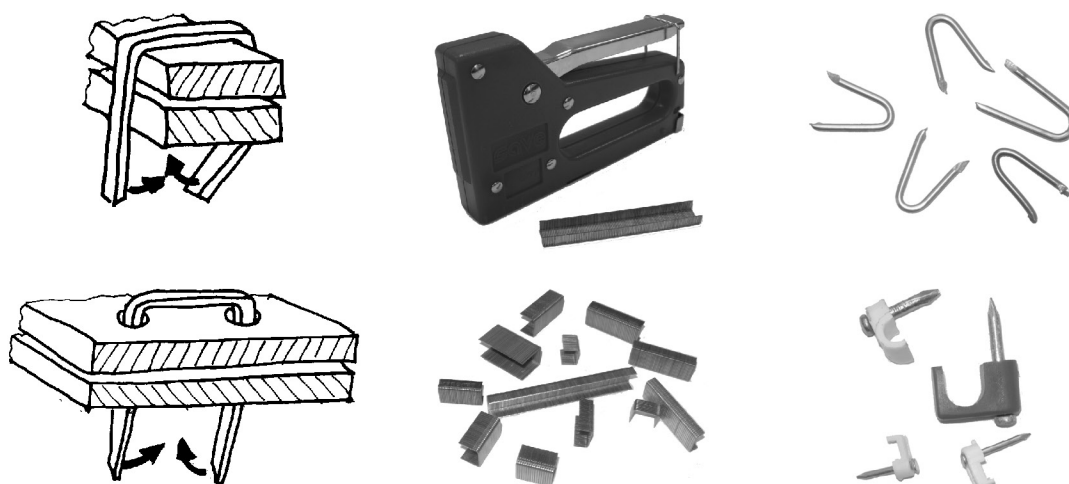


Figura 2.55 Esquema de unión grapada abrazando los elementos a unir (arriba izquierda) y perforándolos (abajo izquierda). Grapadora manual (arriba centro) y diferentes tamaños de grapas (abajo centro). Grampillones (arriba derecha) y grapas especiales obtenidas como conjunto de clavo y abrazadera (abajo derecha)

En aquellos casos en que no se utilicen grapas normalizadas, bien se recurre a designaciones comerciales (propias de cada fabricante) que se incluyen en el cajetín, o bien se especifican los datos más significativos en un dibujo de despiece. En tal caso, es habitual dejar abierta la posibilidad de que el elemento teórico diseñado y especificado en el plano de detalle se sustituya por un elemento real de dimensiones parecidas, que resulte compatible. Para ello se marcan como «aproximadas» aquellas cotas teóricas que los responsables de fabricación pueden modificar para sustituir las grapas teóricas por otras equivalentes y más fáciles de obtener (figura 2.56).

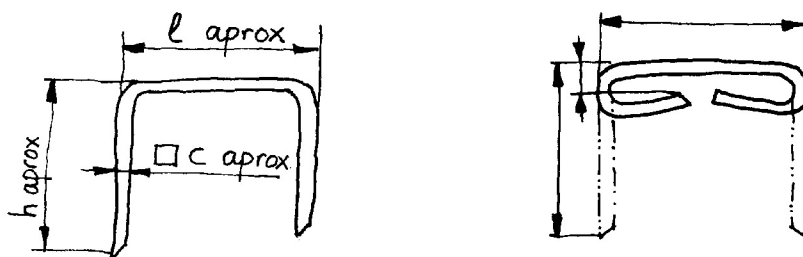


Figura 2.56 Dimensiones principales de una grapa antes (izquierda) y después de su colocación (derecha)

La forma final de la grapa suele quedar condicionada por el procedimiento de grapado y por el objetivo de conseguir la inmovilización total de las piezas a unir. En consecuencia, no es habitual incluir indicaciones detalladas sobre la forma final. En caso de que la forma final pueda influir en el montaje o el funcionamiento, se puede indicar en una representación superpuesta a la forma inicial dibujada con línea tipo K4 (UNE 1032:1982); o hacer un dibujo separado de la forma final, tal como se muestra en la figura 2.56 derecha.

Por lo que se refiere a la posición de montaje, se suele indicar en el dibujo de conjunto, representando las grapas de forma convencional normal o esquemática y acotando las dimensiones necesarias para fijar dicha posición. No obstante, es muy frecuente que la posición de las grapas sea sólo aproximada (figura 2.57), por lo que se puede indicar, mediante una leyenda en el plano de montaje, el número total aproximado de grapas y el espaciado aproximado entre ellas.

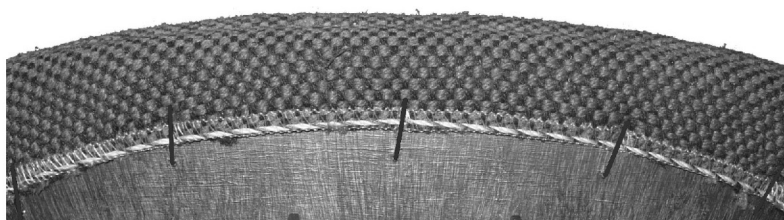


Figura 2.57 Detalle de grapado de tapicería, mediante grapas colocadas a intervalos aproximadamente iguales

Si se precisa indicar el orden de montaje se recurre a leyendas en el propio dibujo de conjunto, o, en casos complejos, a una secuencia de dibujos de montaje por fases.

Como caso particular de la unión grapada, se puede considerar la *unión atada*. En este caso las indicaciones sobre la forma del elemento de unión son mínimas (por ejemplo el diámetro del alambre) o inexistentes. Persiste, no obstante, la necesidad de indicar la posición de montaje y, en ocasiones, el orden de dicho montaje.

Un ejemplo típico es el atado de las armaduras de estructuras de hormigón armado. En este caso, los elementos de atado que tienen finalidad resistente (estribos) siempre deben ser representados (incluso recurriendo a bocetos de detalles con anotaciones como las recogidas en el apartado 3.9 de UNE-EN ISO 3766:2004). Por contra, los elementos de atado que únicamente sirven para dar consistencia al armado durante el proceso de construcción no suelen indicarse (dejándose a criterio de los montadores), y cuando se indican es por medio de una representación muy esquemática que consiste en señalar dónde se debe atar y una leyenda para especificar qué tipo de atado se emplea (figuras 2.58 y 2.59).

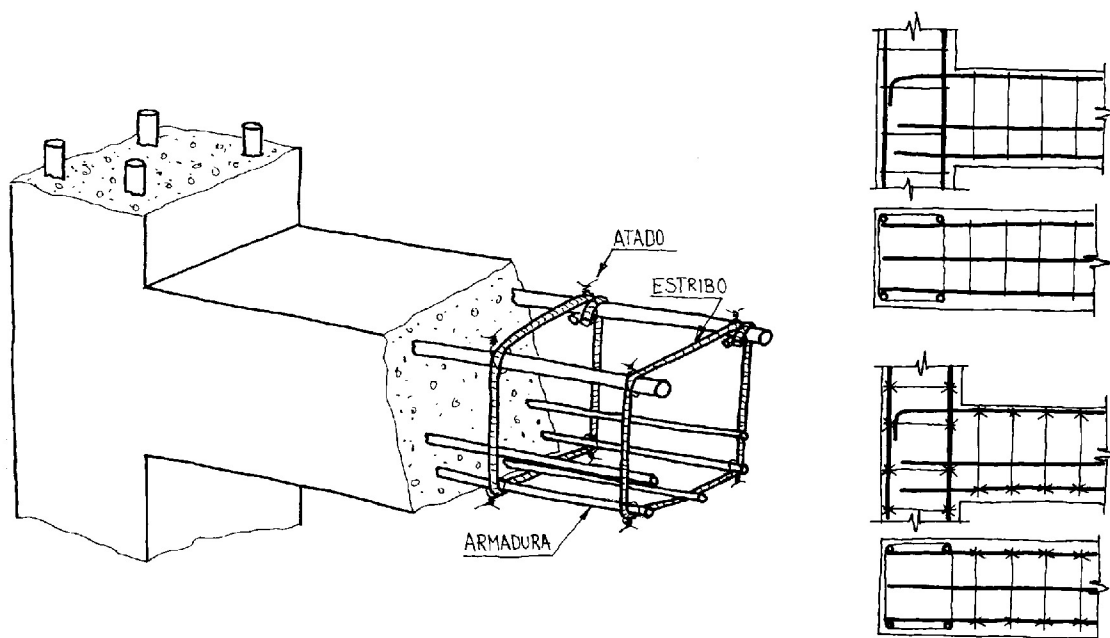


Figura 2.58. Detalle de nudo estructural (izquierda), con representación de armaduras y estribos sin elementos de atado (arriba derecha) y con elementos de atado (abajo derecha)

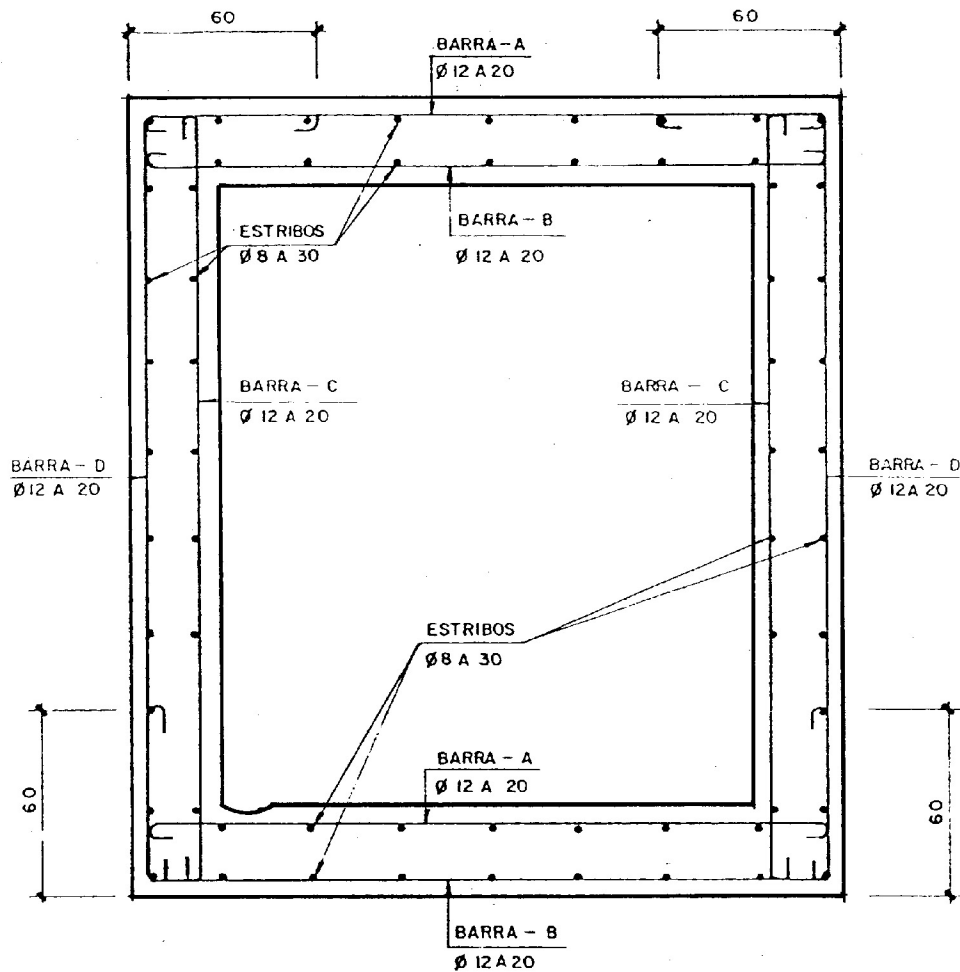


Figura 2.59. Galería de servicios, con indicación detallada de armadura y estribos de atado

Los *remaches* son vástagos, generalmente de sección cilíndrica (huecos o macizos) con sus extremos rematados por sendas cabezas. Una de las cabezas se conforma en el momento de la fabricación del remache, mientras que la otra, denominada cabeza de cierre, se conforma, o «recalca», en el momento de utilizar el remache para unir otras piezas (figura 2.60).

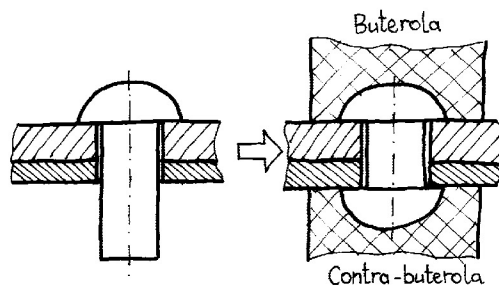


Figura 2.60 Remache antes (izquierda) y después (derecha) de chafar la caña para conformar la segunda cabeza

Según el diccionario, la palabra «roblón» hace referencia a la pieza, mientras que la palabra «remache» hace referencia a la operación de colocar la pieza. Según algunos autores, remache es tanto la

pieza como la operación, y roblones son aquellos remaches que se conforman en caliente (por estampación con herramienta que presiona al roblón en sentido axial entre dos elementos, buterola y contra-buterola, que le dan forma). Los remaches en caliente eran muy usados en la construcción de grandes máquinas y estructuras, pero han quedado desplazados por las uniones soldadas. En consecuencia, existen diferentes normas antiguas que ya han sido anuladas. Tal es el caso de: UNE 17003:1953 Remaches. Denominaciones. Representación gráfica; UNE 17004:1978 Remaches metálicos. Diámetros de espigas (diámetros de 1 a 36 mm inclusive); UNE 17007:1955 Remaches de aleaciones ligeras (medidas para diámetros hasta 8 mm); UNE 17012:1957 Remaches especiales. Denominaciones. Representación gráfica, y UNE 17014:1957 Remaches de acero. Medidas y tolerancias, para diámetros superiores a 5 mm.

No obstante, siguen utilizándose otros tipos de remaches en aplicaciones en las que se desean uniones rígidas y baratas. En consecuencia, han aparecido normas nuevas adaptadas a las actuales aplicaciones de los remaches (ISO 1051:1999 *Rivet shank diameters*; ISO 5843-2:1990 *Aerospace -List of equivalent terms. Part 2: Aerospace rivets*; ISO 9418:1998 *Aerospace -Rivets, solid, in aluminium or aluminium alloys. Procurement specification*; ISO 10299:2000 *Aerospace -Rivets, solid-Material and metric series identification*).

Dado que existen muchos tipos de remaches estandarizados, la forma del remache suele quedar indicada con la información del cajetín. Así, por ejemplo:

Remache de cabeza esférica 16x30 UNE 17003

describe el tipo de cabeza (y el de cabeza de cierre), así como las dimensiones del vástago (16 mm. de diámetro y 30 mm de longitud). También indica que cualquier otra información del remache puede ser consultada en la norma indicada (UNE 17003).

El procedimiento de remachar admite diferentes variantes, entre las que destacamos la variante de los remaches huecos o expansibles, que llevan alojada una pieza ("aguja"), al tirar de la cual se produce el conformado final del remache, permitiendo el remachado en los casos en que la unión no es accesible por un lado (figura 2.61).

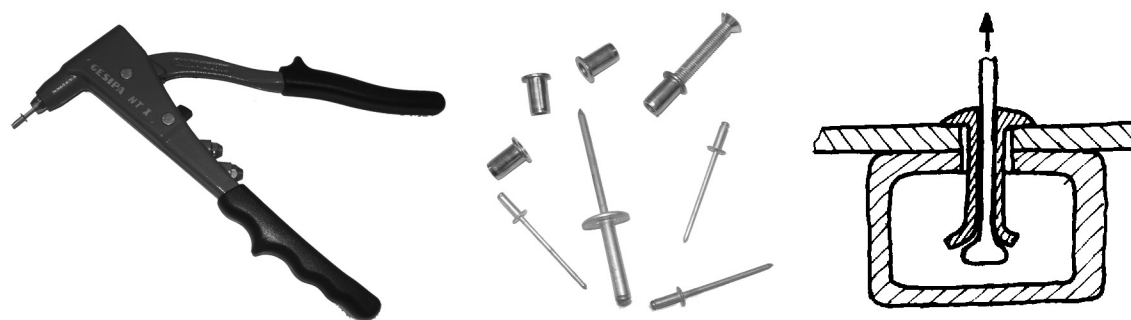


Figura 2.61 Remachadora (izquierda), remaches (centro) y esquema de remachado (derecha) para el caso de remaches expansibles

En la norma UNE 17012:1957 estaban recogidos algunos tipos de remaches «especiales». Entre ellos cabe destacar los ojeteros con arandela, dado que son un caso especial en el que la cabeza de cierre inmoviliza a una arandela que, a su vez, inmoviliza la unión (figura 2.62).

En los casos en que se empleen remaches no normalizados, se debe realizar el correspondiente dibujo de despiece; que debería definir tanto la forma inicial como la final. Esto se puede hacer mediante dos dibujos diferentes, o mediante un único dibujo, utilizando la representación superpuesta dibujada con línea tipo K4 según UNE 1032:1982 (figura 2.63).

Por lo que se refiere a la posición de los remaches en el conjunto, ésta se suele indicar por medio de las cotas necesarias en el dibujo de conjunto (figura 2.64). En dichos dibujos, la representación de los remaches puede ser normal (empleando los convencionalismos generales de representación), o esquemática (ver siguiente apartado).

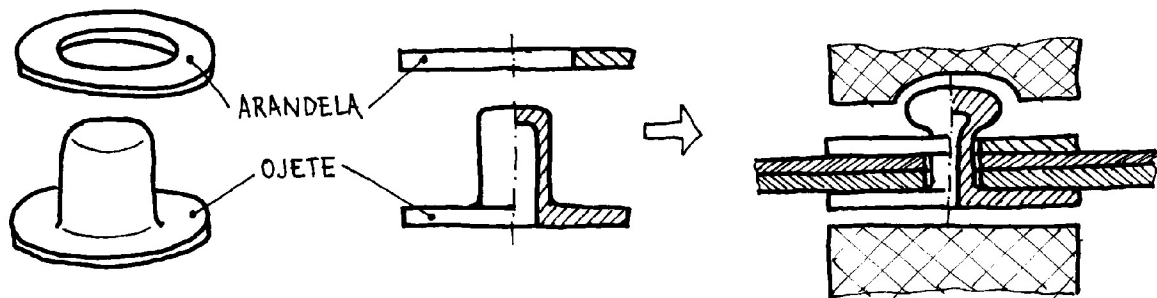


Figura 2.62 Remache de ojete con arandela

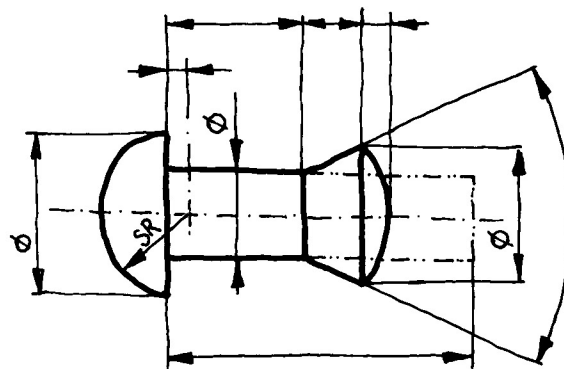


Figura 2.63 Dibujo de detalle de un remache no normalizado, mostrando la forma antes (línea tipo K) y después de remachar

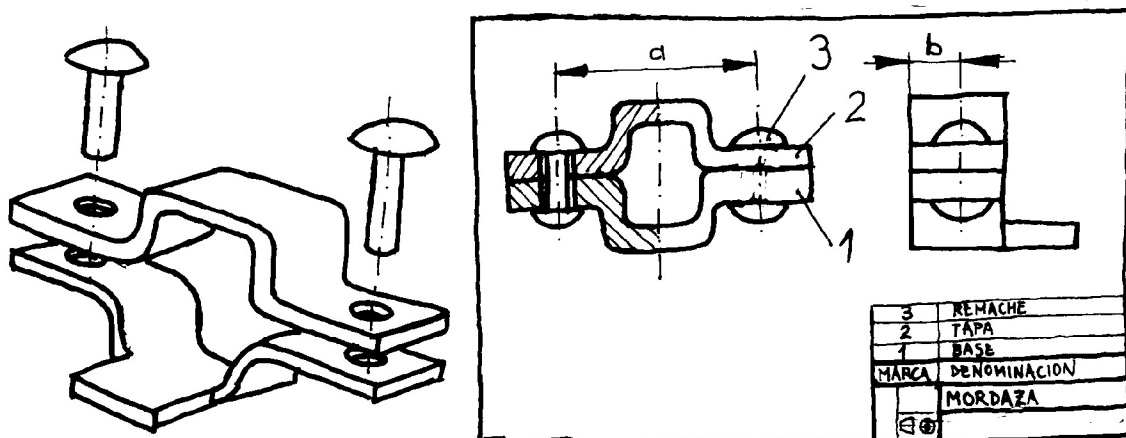


Figura 2.64. Detalle de indicación de la posición de los remaches en el dibujo de conjunto

Cada vez es más frecuente el empleo de remaches en aplicaciones nuevas, distintas de aquellas aplicaciones clásicas para las que su empleo está normalizado. Un ejemplo se muestra en la figura 2.65.

También son cada vez más frecuentes las uniones remachadas realizadas con piezas que también tienen otra función en el ensamblaje, tal como se muestra en el ejemplo de la figura 2.66. Estas situaciones añaden complejidad al análisis de los dibujos de conjunto. En efecto, los remaches que realizan alguna otra función, y los remaches que forman parte de piezas más complejas, son más difíciles de identificar en los dibujos de conjunto, por lo que se debe hacer un análisis de las funciones de cada pieza, y un análisis de los posibles procedimientos de ensamblaje del conjunto, para identificar correctamente este tipo de uniones.

Para hacer una rosca sobre una pieza de chapa de espesor fino (2-3 mm) hay que hacer un fondril, que debe quedar bien posicionado y orientado. Hay que fundir parte de ese espesor hacia dentro para que haya material de forma que la futura rosca tenga zona donde poder mecanizarse y aguante bien. A continuación se rosca utilizando hasta tres machos. Posteriormente, se procede a pintar, tras sellar los agujeros para que la pintura no tape la rosca. Una vez pintado hay que quitar los sellos.

En cambio, utilizando roscas remachables, se hace el agujero de base, se convierte en hexagonal mediante una punzonadora, se pinta y luego se introduce la tuerca y se remacha para inmovilizarla.

El resultado es que disminuye el tiempo de operación. También se reducen los errores de posicionamiento. Por último, en caso de haber una rotura la reparación es más fácil, ya que se elimina la rosca remachable con un taladro y se coloca otra (mientras que en la rosca propiamente dicha habría que volver a hacer fondril y roscado).



Figura 2.65 Tuerca remachada

El conjunto rueda auto-orientable para mueble de la imagen contiene dos remaches que realizan alguna otra función además de unir.

En primer lugar, hay un remache con forma «convencional» (con caña cilíndrica y cabezas semiesféricas) que actúa como eje de la rueda de goma; además de sujetar la rueda y los cubos a la horquilla.

El conjunto también incluye otra pieza remachada. Se trata de la cazoleta superior del rodamiento formado por la horquilla, la cazoleta y las bolas. La cazoleta superior se fija a la horquilla remachando el borde de la parte tubular que sobresale por la parte inferior de su agujero central.

La cazoleta, la parte superior de la horquilla y las bolas actúan como un subconjunto «rodamiento», al tiempo que una parte de la cazoleta se usa como elemento de unión. Cuando la cazoleta superior se fija a la pata del mueble, permite el giro libre del conjunto alrededor del eje de la pata. Por lo tanto, se trata de un elemento funcional.



Figura 2.66 Rueda orientable, con detalle de remache de la cazoleta del rodamiento

Conjuntos de elementos de fijación

Cuando la unión se consigue mediante muchos elementos de unión convenientemente distribuidos, se necesita definir tanto los elementos como sus posiciones relativas y absolutas (figura 2.67).



Figura 2.67. Conjuntos de elementos de unión en disposición uniforme

La definición de los elementos de unión más habituales (tornillos, remaches, etc.) ya se ha considerado anteriormente, por lo que aquí nos limitaremos a insistir en que las posiciones que ocupan estos elementos se pueden indicar mediante representaciones convencionales en el caso de que sean pocos, pero en el caso de que sean muchos se debe recurrir a representaciones simplificadas mediante símbolos. La norma que recoge las recomendaciones apropiadas para este caso es la UNE-EN ISO 5845-1:2000 de dibujos técnicos. Representación simplificada del montaje de piezas mediante elementos de fijación. Parte 1: Principios generales. Esta norma sustituye y completa la parte de la norma UNE 1129:1995 que trata sobre la representación, acotación y designación de agujeros, tornillos y roblones (el resto de la UNE 1129 ha sido sustituido por la UNE-EN ISO 5261:2000, antes mencionada). La parte 2 de esta norma (ISO 5845-2:1995) trata sobre roblones para la industria aeroespacial, y detalla la representación simbólica de los roblones, la adición de información mediante leyendas, y la indicación de «líneas» o conjuntos de roblones.

Para vistas de frente, la norma propone la representación de la posición del elemento de unión mediante una cruz de trazo grueso cuyo centro coincida con el eje del elemento de unión (figura 2.68 izquierda). Para representaciones de perfil, la norma propone un símbolo que consiste en un trazo fino que coincide con el eje del elemento de unión, y sendos trazos gruesos perpendiculares a dicho trazo fino colocados cerca de los extremos del trazo fino (figura 2.68 derecha). Estos símbolos básicos se completan con símbolos para indicar la necesidad de hacer el agujero o la colocación del elemento de unión a pie de obra y la presencia de avellanados en alguno de los lados del agujero de preparación.

La posición de los elementos se indica mediante cotas generales, cotas específicas (tales como la de elementos repetitivos) o leyendas vinculadas a los símbolos mediante flechas de referencia (figura 2.69).

Otro aspecto que también hay que tener en cuenta en algunos casos es la secuencia de montaje de los conjuntos de elementos de fijación. Ya que una secuencia inapropiada puede producir montajes indeseados, bien porque se altere la forma geométrica del conjunto (por ejemplo con la aparición de alabeos indeseados o pliegues en la tapicería de un asiento), o bien porque la secuencia de montaje pueda inducir comportamientos no deseados (tales como la aparición de tensiones estructurales). En tales casos, en los planos de fabricación y montaje se deberá advertir sobre el peligro de una

secuencia de montaje errónea, y se deberá indicar la secuencia correcta mediante la combinación de dibujos y leyendas que se considere apropiada en cada caso.







Vista de frente		Vista de perfil	
	Taladrar y ensamblar en taller		Avellanar el lado cercano
	Taladrar en taller y ensamblar en obra		Avellanar el lado lejano
	Taladrar y ensamblar en obra		Avellanar ambos lados

Figura 2.68. Representación simplificada de elementos de unión

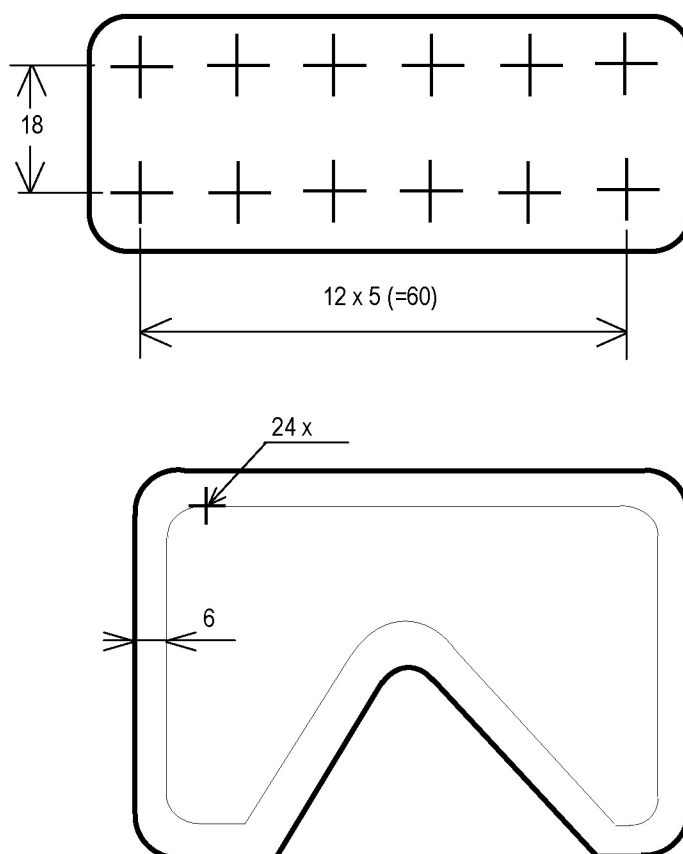


Figura 2.69. Acotación conjunta de elementos de unión

2.3 ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE PRODUCTOS

La especificación geométrica de productos (GPS por su denominación en inglés: *Geometrical Product Specifications*) es el ámbito que estudia los métodos de descripción de aquellas características geométricas que son críticas para obtener productos que cumplan con las especificaciones definidas durante la fase de diseño conceptual. El problema no es trivial, porque es imposible fabricar con precisión absoluta las formas geométricas diseñadas, y fabricar siempre con la máxima precisión posible es excesivamente caro. No obstante, muchas veces se pueden alcanzar las especificaciones de diseño sin utilizar procedimientos especiales ni cuidadosos. Por lo tanto, no todas las especificaciones son críticas, en el sentido de que no precisan un cuidado especial para asegurar que se alcancen con los procesos de fabricación habituales. En consecuencia, se deben determinar las condiciones geométricas críticas y se deben especificar sus niveles de error admisible. Por ejemplo, que la superficie de una mesa sea horizontal y plana suele ser más importante que la altura exacta del tablero respecto al suelo. Es decir, un error de altura (patas más largas o más cortas de lo diseñado) no será percibido por el usuario si está dentro de los límites de precisión habituales de fabricación; pero la falta de horizontalidad (patas de diferente longitud), o de planicidad (superficie del tablero con «huellas» producidas al fabricarla) sí que serán percibidas por los usuarios, aunque estén dentro de los límites habituales de precisión de fabricación. Por lo tanto, los diseñadores deben determinar cuáles son las condiciones geométricas importantes, y deben disponer de un lenguaje simbólico no ambiguo para transmitir esa información a los responsables de la fabricación del producto.

El objetivo último es mejorar el diseño de productos. Para lograrlo, la GPS aporta un lenguaje basado en símbolos que complementa a los planos de diseño y ayuda a crear dibujos claros y concisos, que comunican efectivamente los requisitos de diseño, reducen las suposiciones y controversias generadas por otras formas de especificación de requisitos, y fijan los procesos de fabricación e inspección. Además, la GPS pretende dotar al lenguaje de unos principios y una consistencia que faciliten su tratamiento matemático/informático. El «inconveniente» de la GPS es que obliga al diseñador a conocer un lenguaje complejo y riguroso, y, sobre todo, le obliga a determinar explícita y completamente los requisitos geométricos críticos.

La evolución de la GPS es larga y compleja. Inicialmente se elaboraron normas para especificar la forma y las dimensiones nominales o “teóricas” de los productos. Las vistas, cortes y convencionalismos sirven para definir la forma. La acotación sirve para definir las dimensiones. Luego se elaboraron normas para controlar las imperfecciones en las dimensiones. En paralelo se desarrollaron normas para controlar las imperfecciones superficiales. De modo muy simple se puede considerar que por una parte se controlaban las dimensiones de las aristas y por otra parte la calidad de las caras. Posteriormente aparecieron normas encaminadas a controlar globalmente las desviaciones de forma. Éste último ámbito se bautizó como “dimensionamiento geométrico y tolerancias” (GD&T por sus siglas en inglés de “Geometrical Dimensioning and Tolerancing”).

Aunque la denominación GPS es relativamente reciente, diferentes ámbitos del tema ha sido objeto de interés desde que la necesidad de definir piezas complejas, y la necesidad de garantizar la intercambiabilidad de piezas empezaron a convertirse en problemas importantes. Así, el comité B4 del *American National Standards*, fundado en 1920, desarrolló la norma ASA B4a-1925 de *Tolerances, allowances and gages for metal fits*. Un segundo hito fue la publicación en 1940 del boletín 25 de ISA, el cual fue la base para el gran cambio que supuso la norma ISO/R286 en 1962 (*ISO system of limits and fits*), conocido simplemente como «sistema ISO». Por su parte, el control de la calidad de la textura superficial tuvo su primera norma ISO 1302 en 1971. Finalmente, las normas de acotación y tolerancias empezaron a identificar conceptos y métodos de la GD&T en 1949. En 1953 se comenzó a introducir la simbología. Con la publicación de ANSI Y 14.5111-1982 (dimensionamiento y tolerancias) y ANSI Y14.5M-1982, se alcanzó un primer hito del proceso formal de agru-

par en un lenguaje simbólico toda la información necesaria para describir tanto la geometría nominal de los productos como las desviaciones permitidas. En 1994, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) publicó las normas ASME Y14.5M-1994 y ASME Y14.5.1M-1994 que siguen vigentes y en evolución. Las normas ISO se desarrollan con un pequeño retraso respecto a las ANSI/ASME, pero con diferencias sustanciales de criterio en algunos aspectos.

Como vemos, este proceso, complejo y largo en el tiempo, ha dado lugar a normas que contemplan por separado los tres ámbitos principales que actualmente abarca la especificación geométrica de productos. De hecho, la definición del ámbito más moderno y global (GD&T) no ha supuesto ni la anulación de las normas que reglamentaban los ámbitos más particulares (tolerancias y ajustes dimensionales, y calidad superficial), ni la implantación de una metodología general y genérica. En parte esto es debido a la falta de madurez y la desigual implantación de los nuevos criterios, pero también se debe a que el ámbito global (GD&T) no controla todos los aspectos puramente locales; algunos de los cuales son críticos en ciertas ocasiones. Por tanto, es conveniente estudiar los tres ámbitos de la GPS por separado; pero sin olvidar que la GPS es un lenguaje en evolución, y que su objetivo último es aportar una visión de conjunto del problema.

Pero antes de estudiar estos tres ámbitos, es conveniente presentar una clasificación completa y exhaustiva de las imperfecciones que se producen durante la fabricación de productos reales, para contextualizar los tres ámbitos que vamos a considerar y entender el rango óptimo de aplicación de cada uno de ellos y los tipos de imperfecciones que controlan.

2.3.1 Clasificación de las imperfecciones

Los procesos de fabricación no permiten obtener productos con geometría perfecta. Es decir, que los *productos reales* no son nunca exactamente iguales a los *productos teóricos*. Sin embargo, sí que se pueden elegir procesos de fabricación con diferentes niveles de precisión (y, en general, con coste mayor cuanto mayor precisión), y se pueden ejercer diferentes niveles de control sobre los procesos de fabricación y sobre los productos fabricados. No obstante, elegir el proceso no es un objetivo en sí mismo, sino un medio para lograr el verdadero objetivo de obtener productos que alcancen la calidad requerida para la función a la que están destinados, con el mínimo coste posible.

Por otra parte, para comprobar la validez de una pieza ya fabricada hay que tomar medidas y definir un modelo que represente la geometría medida. Pero, puesto que es imposible medir completamente el producto real, lo que se obtiene es un *producto medido* que se aproxima más al producto real cuanto mejor sea el proceso de medición realizado.

En consecuencia, tanto para elegir los procesos apropiados para obtener los productos, como para comprobar que éstos cumplen con su función, hay que especificar unos criterios objetivos y medibles. En el caso particular del control de la forma, la norma DIN 4760: 1982 introduce los conceptos necesarios y clasifica las distintas desviaciones de forma, a través de las desviaciones de las superficies. Para lo cual se definen tres superficies:

- a) la *superficie geométrica* es la superficie «ideal» diseñada y especificada en los planos de diseño;
- b) la *superficie real* es aquella que separa el objeto del medio que lo rodea;
- c) la *superficie efectiva* es la que se puede medir; por lo que existen diferentes superficies efectivas que se obtienen con distintos métodos de medida y se parecen más o menos a la superficie real.

La clasificación es análoga a la que describe la norma UNE-EN ISO 14660-1:2000, según la cual los elementos geométricos existen en tres «mundos» distintos: el mundo de las especificaciones, donde el diseñador imagina diferentes representaciones de la pieza futura; el mundo de la propia

pieza, el mundo físico, y el mundo de la verificación, donde una representación de una pieza dada a través del muestreo se emplea en los instrumentos de medida.

A partir de la clasificación de la norma DIN 4760 se define la *desviación de forma* como la totalidad de las desviaciones de la superficie efectiva respecto a la superficie geométrica. Entonces es necesario distinguir entre las desviaciones de forma que pueden verificarse sólo observando la superficie como un todo, y las desviaciones que son reconocibles en una porción de la superficie (figura 2.70).

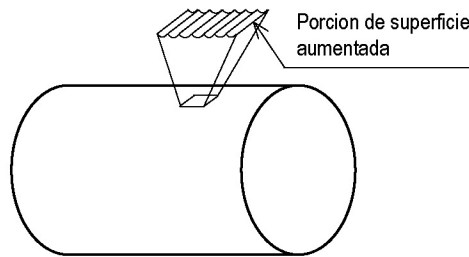


Figura 2.70. Superficie cilíndrica completa y porción de superficie

En realidad, las desviaciones de forma se dividen en tres grupos:

- Clase 1, que incluye a las desviaciones que son reconocibles observando toda la superficie.
- Clases 2 a 5, que incluyen las desviaciones que son reconocibles observando una porción de la superficie.
- Clase 6, que afectan a la estructura atómica o molecular del material.

A su vez, el segundo grupo incluye dos subgrupos. En primer lugar, las *ondulaciones* son las imperfecciones de gran longitud. La relación entre la longitud y la altura de las ondas está en el rango desde 1000:1 hasta 100:1. Se definen como imperfecciones de clase 2, y son debidas a la imperfección del proceso de fabricación (holguras, vibraciones, influencias externas de todo tipo). Por el contrario, se clasifican como *rugosidades* las imperfecciones de pequeña longitud. Es decir, con ondas cuya relación entre la longitud y la altura está en el rango desde 100:1 hasta 5:1. La norma DIN 4760: 1982 vuelve a distinguir entre rugosidades de clase 3 (producidas por la propia imperfección de la herramienta empleada en su obtención: huella de herramienta), las de clase 4 (producidas por deformaciones mecánicas del material durante el proceso de fabricación) y las de clase 5 (debidas a alteraciones químicas del material durante el proceso de fabricación).

En resumen, las imperfecciones, o desviaciones, de una forma real respecto a la forma teórica correspondiente se miden a partir de las imperfecciones de las superficies que limitan dicha forma, y, para cualquier superficie, las diferencias respecto a la superficie teórica se pueden dividir en tres tipos de defectos: desviaciones globales, ondulaciones y rugosidades. En la figura 2.71 se muestran los tres tipos de imperfecciones por separado, junto con lo que sería el modelo teórico de superficie.

Las desviaciones de forma que pueden verificarse sólo observando la superficie como un todo (clase 1) se especifican en los planos por medio de las *tolerancias dimensionales* y también mediante las *tolerancias geométricas*; mientras que los errores de clases 3 a 5 se especifican mediante la *calidad superficial*. Los errores de clase 2 se controlan parcialmente mediante tolerancias, pero también se controlan en parte gracias al control de calidad superficial.

Tanto las tolerancias como la textura superficial están relacionadas con los procedimientos de fabricación, puesto que sirven para definir los requerimientos que deben cumplir las piezas fabricadas. Pero las tolerancias también están relacionadas con los procedimientos de unión, puesto que

los ajustes sirven para definir las características de las uniones entre piezas sin elementos de unión añadidos.

Al estudio de estos controles y sus respectivas representaciones gráficas se dedican las siguientes partes de este capítulo. Pero antes se presenta un conjunto de reglas fundamentales.

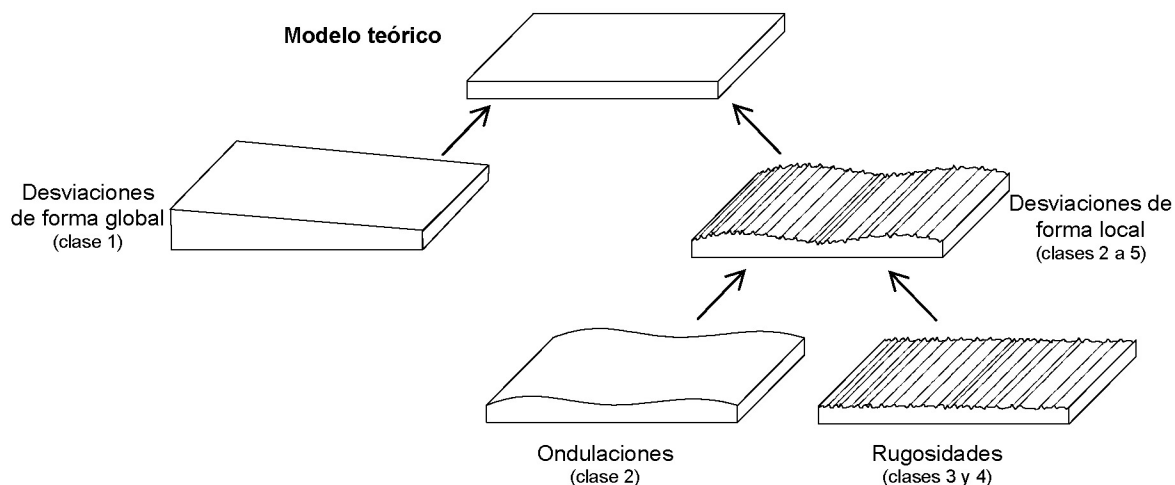


Figura 2.71 Diferentes imperfecciones o desviaciones que afectan a la forma de objetos reales en relación a los modelos teóricos

2.3.2 Reglas fundamentales

El propósito de la GD&T es describir los requisitos de la geometría de una pieza o un ensamblaje. Como resultado de la aplicación de GD&T se debe asegurar que la información de la geometría de la pieza o el ensamblaje contenida en el dibujo conduce a piezas o ensamblajes que funcionan tal como estaba previsto. De hecho, este propósito general es también válido para los otros ámbitos de la GPS.

Para ayudar a lograr este propósito general es conveniente seguir algunas reglas particulares. En primer lugar hay una condición obvia de que el producto teórico o “nominal” debe quedar completamente definido en el dibujo:

- Todas las vistas y convencionalismos necesarios para definir completamente la forma del producto deben estar presentes en el dibujo.
- Todas las dimensiones necesarias para reproducir completamente el producto deben estar presentes en el dibujo. Medir y/o aplicar escalas no debe ser necesario.
- Para evitar ambigüedades, sólo debe ponerse el número mínimo de dimensiones. Si se necesitan más dimensiones para otros propósitos, se pueden poner indicando su carácter orientativo o «no-obligatorio».
- Las dimensiones deben ordenarse y agruparse en torno a características geométricas *características* del producto. Estas características son generalmente tridimensionales, por lo que se pueden necesitar varias vistas para representarlas y dimensionarlas.

Además de definir el producto teórico, también debe quedar completamente definido el conjunto de productos reales válidos, es decir, los límites de variación aceptables. Para ello, las indicaciones de las desviaciones críticas y los errores admisibles deben cumplir ciertos criterios:

- Se deben evitar las indicaciones de fabricación. Todas las indicaciones GPS van destinadas a especificar comportamiento esperado del diseño, evitando las referencias explícitas a los procesos de fabricación.
- Todos los símbolos deben colocarse buscando la máxima legibilidad, y deben vincularse al dibujo en el sitio menos ambiguo (evitando aristas ocultas, vistas con convencionalismos que alteren las formas, etc.).
- A menos que se especifique lo contrario, las especificaciones GPS se aplican a elementos geométricos completos: aristas, caras, elementos característicos (tales como cilindros, prismas, etc.).
- Las condiciones geométricas implícitas en el dibujo se aceptan como especificaciones válidas. La simetría, el paralelismo y la perpendicularidad se asumen cuando no hay indicaciones explícitas de una condición geométrica diferente.
- A menos que se especifique lo contrario, todas las indicaciones GPS son válidas para productos en estado «libre», no restringidos ni sometidos a acciones externas.
- A menos que se especifique lo contrario, todas las indicaciones GPS son válidas para una temperatura de 20° Celsius.

2.4 ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE PRODUCTOS: TEXTURA SUPERFICIAL

La calidad de la textura superficial hace referencia a los errores de clases 2, 3 y 4 de la norma DIN 4760:1982 descritos antes. Es decir, que la textura superficial la produce la combinación de aquellas desviaciones locales de la superficie real respecto a la superficie nominal que tienen longitud de onda bastante corta. La textura incluye las rugosidades, las ondulaciones y la dirección de las estrías (figura 2.72). En definitiva, todas aquellas desviaciones que tienen una longitud menor que la que corresponde a los errores globales de forma.

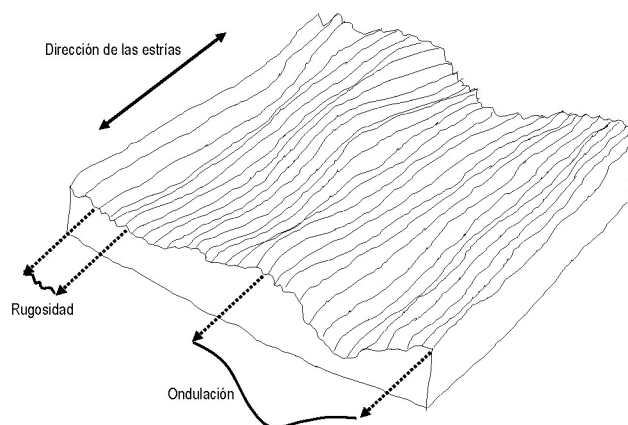


Figura 2.72 Una pequeña porción de una superficie muestra, al exagerarla, que la textura superficial incluye las desviaciones de rugosidad y ondulación, y que muchas texturas presentan patrones de estrías con direcciones dominantes

Para medir la textura de la superficie se pueden utilizar métodos cualitativos, como la comparación visual y táctil del producto evaluado con superficies patrón de diferentes acabados obtenidas por el mismo proceso de fabricación. De hecho, la norma UNE-EN ISO 4288:1998 recomienda la inspección visual como primer paso para seleccionar o rechazar respectivamente aquellas piezas en las que la textura superficial es obviamente mejor o peor que la especificada. La comparación táctil se puede aplicar cuando la comparación visual no es discriminante. Sin embargo, lo más usual es emplear métodos cuantitativos, basados en instrumentos que detectan las irregularidades de los perfiles de diferentes secciones de la pieza y aplican tratamientos matemático/estadísticos para cuantificar dichas irregularidades.

Tanto en las comparaciones cualitativas como en las cuantitativas, se necesita un criterio normalizado para que el diseñador especifique cuál es la calidad de la textura superficial requerida para cumplir las especificaciones de diseño. En el caso de inspección visual o táctil, se puede indicar la calidad requerida mediante descripciones del aspecto que debe presentar la superficie, mediante unas piezas patrón o indicando el procedimiento de fabricación recomendado. Estas indicaciones son ciertamente subjetivas, y, además, evolucionan al tiempo que lo hacen los procesos de fabricación. Por tanto, deben estar siempre basadas en la experiencia, y sólo se pueden aplicar en aquellos casos en que no se precisa un control muy riguroso. A modo de ejemplo, en la tabla 2.7 se recogen explicaciones de la textura perceptible y los procedimientos de fabricación que usualmente dan lugar a texturas que corresponden a las seis clases de rugosidad que distinguía la antigua norma UNE 1037 (anterior a 1975), y las doce clases que distinguía la norma UNE 1037:1975 y UNE 1037:1983 (¡aún vigente, pese a que era equivalente a la ISO 1302:1978, anulada primero por la ISO 1302:1992 y después por la ISO 1302:2002!). Las menores huellas apreciables a simple vista o

al tacto son aquellas cuya altura es del orden de $1\mu\text{m}$. Para apreciar desviaciones menores hay que utilizar microscopios.






Signo superficial UNE 1037 anterior a 1975	Clase de rugosidad UNE 1037:1975 UNE 1037:1983	Descripción de la calidad	Procedimiento de fabricación
		Se acepta la uniformidad y alisado que se obtiene por medio de los procedimientos usuales.	
	N12 N11	Se acepta la uniformidad y alisado que se obtiene por medio de los procedimientos usuales realizados cuidadosamente.	Procedimiento cuidadoso, sin arranque de viruta.
	N10 N9	Las huellas son apreciables al tacto y a simple vista.	Desbastado
	N8 N7	Las huellas son difícilmente apreciables a simple vista.	Alisado
	N6 N5	Las huellas no son apreciables a simple vista.	Afinado
	N4 N3 N2 N1	Las huellas sólo son apreciables con auxilio de microscopio.	Superacabado

Tabla 2.7 Normas antiguas de signos de rugosidad y clasificación de la rugosidad por clases, útiles para inspección visual o táctil

Cuando la medición se hace con instrumentos, la calidad requerida debe estar especificada mediante un parámetro numérico referido a una forma concreta y unívocamente especificada de medir. Pero no hay una única forma de medir ni un único parámetro, tal como veremos en el apartado siguiente al comentar los aspectos básicos de la medida cuantitativa de texturas.

En resumen, la comprobación de la rugosidad durante el proceso de fabricación es un proceso en tres niveles: en primer lugar, se examinan visualmente para clasificar aquellas piezas en las que la rugosidad es claramente mayor o menor que la requerida, o aquellas piezas cuyas superficies presentan algún defecto que afecte a la función de la pieza. Si con el examen visual no se llega a ninguna decisión el operario compara al tacto y visualmente la pieza con un patrón de rugosidades (conjunto de piezas acabadas con distintas clases de rugosidad). Si tampoco se llega con esto a una decisión sobre la misma, se procede a la medida de la rugosidad utilizando la instrumentación adecuada en la zona de la superficie donde se esperen obtener, tras el examen visual, los resultados más críticos.

2.4.1 Conceptos básicos de medida de texturas

El control de la textura de las superficies no se realiza de forma exhaustiva, ya que sería costoso e innecesario, sino que se realiza a partir de un muestreo estadístico de la superficie en la que se mide la textura de diferentes *tramos* de la misma. Es más, los tramos son recorridos linealmente durante el muestreo, por lo que la comparación se realiza entre el *perfil* teórico y el perfil real de la pieza en el tramo considerado. Se denomina *longitud de muestreo* o *básica* a la longitud del tramo sobre el que se hace el muestreo.

Ciertamente, si tomásemos una superficie supuestamente lisa y realizásemos un estudio microscópico del contorno de una sección de la superficie real podríamos observar que el perfil supuestamente recto de la sección es en realidad un perfil semejante al representado en la figura 2.73 izquierda. Se trata de un perfil que puede llegar a ser muy irregular y en el que resaltan como elementos más significativos los *picos* y los *valles*.

El perfil real no se puede llegar a determinar con total exactitud. Por ejemplo, una forma común de intentar determinar el perfil es recorrerlo mediante un palpador que genera señales eléctricas proporcionales a los cambios de altura que sufre al desplazarse siguiendo las irregularidades del perfil de una sección de la pieza. Pero el tamaño de la punta del propio palpador le impide detectar irregularidades menores que dicha punta, y, además, el aparato puede ser incapaz de detectar oscilaciones muy pequeñas o muy rápidas. Por tanto, lo que podemos medir y comparar es un *perfil efectivo*, que se obtiene a partir del perfil real y que se aproxima más o menos a éste en función del método de medición aplicado (figura 2.73 derecha).

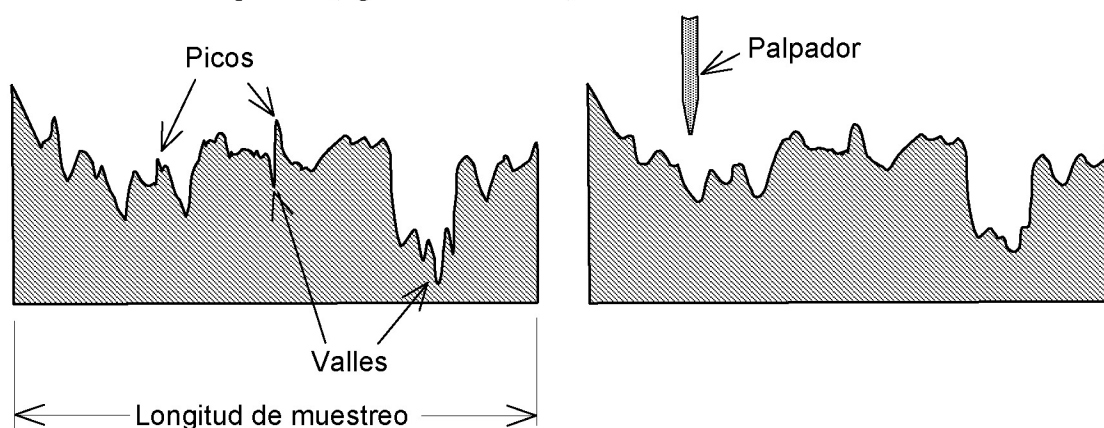


Figura 2.73 Perfil real (izquierda) y perfil efectivo (derecha) de una superficie con textura irregular

El perfil efectivo procedente del medidor puede pasar por diferentes filtros para eliminar tanto las ondulaciones (señales de baja frecuencia, o de onda larga), como las rugosidades (señales de alta frecuencia, o de onda corta). También se pueden aplicar filtros más selectivos, para eliminar señales que correspondan a irregularidades particulares que puedan ser críticas en algunos casos concretos. Pero, en general, la norma UNE-EN ISO 4287:1999 habla de tres perfiles (figura 2.74):

- el *perfil primario* (P), perfil real de la superficie (en realidad es el perfil efectivo, es decir, la mejor aproximación al perfil real que se puede medir con el procedimiento empleado);
- el *perfil de ondulaciones* (W), derivado del perfil primario tras eliminar las rugosidades mediante filtros de longitud de onda, y
- el *perfil de rugosidad* (R), obtenido a partir del perfil primario tras eliminar las ondulaciones.

La elección de la *longitud de onda límite* determina las irregularidades que pertenecen respectivamente al perfil de ondulación (W) y al perfil de rugosidad (R). La norma UNE-EN ISO 4287:1999 define tres filtros de perfil con longitudes de onda de corte diferentes: λ_s que define la separación entre las componentes de rugosidad y las de longitud de onda aún más corta; λ_c que define la separación entre las componentes de rugosidad y las de ondulación, y λ_f que define la separación entre las componentes de ondulación y las componentes de longitud de onda aún más largas.

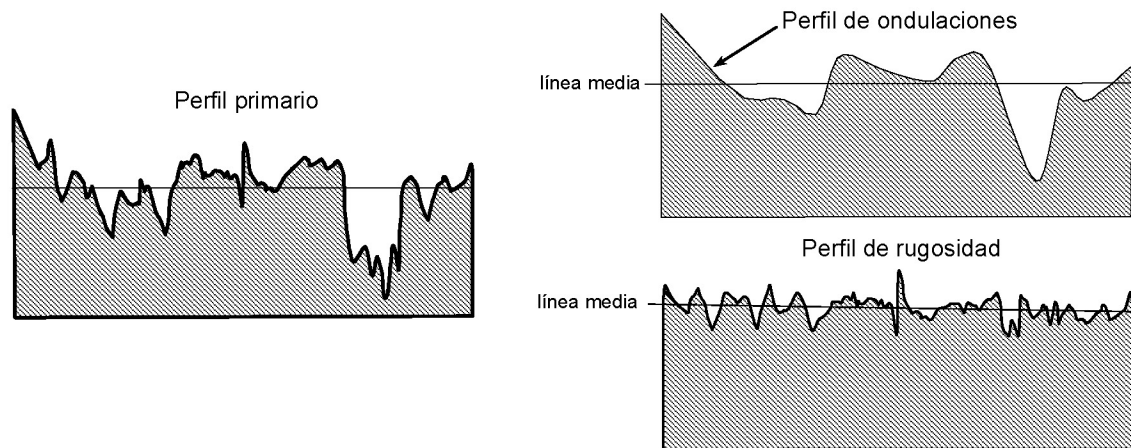


Figura 2.74. Ejemplos de perfil de ondulaciones y rugosidad (derecha) para una longitud base y un mismo perfil primario (izquierda)

Por lo tanto, la medida de la textura de la superficie puede controlar el perfil primario (P), el perfil de ondulaciones (W), o el de rugosidad (R). En cada uno de los tres casos, se pueden determinar diferentes parámetros para cuantificar la diferencia entre el perfil teórico y el perfil efectivo. Todos los parámetros se definen mediante un proceso unívoco. Y todos se definen de manera que cuanto mayor es el valor del parámetro, peor es la textura de la superficie. De hecho, la mayoría de los parámetros tratan de medir las alturas de los picos y las profundidades de los valles. Es decir, que a mayor número de irregularidades en la superficie, mayor valor del parámetro. En consecuencia, lo que el diseñador especifica es el valor máximo admisible del parámetro (que corresponde a la peor superficie aceptable), junto con la indicación de cuál es el procedimiento de determinación del parámetro elegido.

De las diferentes medidas que se utilizan para cuantificar la textura en cada uno de los tres perfiles, la más usual es la que se denomina desviación media aritmética del perfil o *textura media* (P_a , W_a o R_a), que consiste en determinar la línea media del perfil efectivo (mediante el cálculo de una línea de mínimos cuadrados) y obtener la media aritmética de las alturas de los puntos del perfil con relación a dicha línea media, consideradas todas ellas en valor absoluto. Se mide a lo largo de una *longitud de evaluación* (l_n), que puede comprender una o varias *longitudes de muestreo*; el valor más habitual es de 5 longitudes de muestreo. La longitud de muestreo coincide con la longitud de onda característica para rugosidad (l_r se obtiene de λ_c) y para ondulación (l_w se obtiene de λ_f). La longitud de muestreo para perfil primario (l_p) es igual a la longitud de evaluación, que a su vez, en este caso, es igual a la longitud del elemento geométrico en proceso de medición.

El valor medio es la más popular, pero no es la única forma de medir la calidad de las texturas. De hecho, en la figura 2.75 se muestran dos figuras cuyos perfiles superiores tienen el mismo valor de *textura media* pero son claramente diferentes.

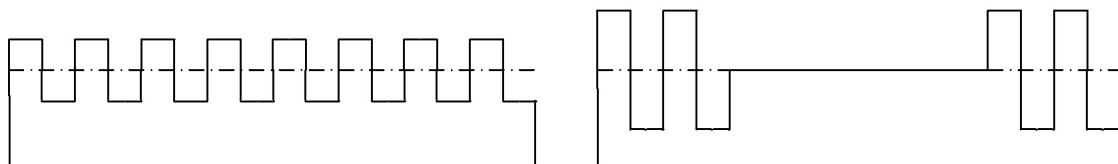


Figura 2.75. Dos perfiles teóricos diferentes con el mismo valor de *textura media*

Tres parámetros que pueden servir para detectar singularidades son los parámetros de amplitud de pico (R_p , W_p o P_p), que mide la altura (respecto a la línea media) del pico más alto del tramo de perfil evaluado; los parámetros de amplitud de valle (R_v , W_v o P_v), que mide la altura (respecto a

la línea media) del valle más profundo del tramo de perfil evaluado, y los parámetros de amplitud valle-pico (R_t , W_t o P_t) que miden la distancia del pico más alto al valle más hondo ($R_t = R_p + R_v$, etc.). Si se muestrea más de un intervalo, se obtienen los valores promedios de picos, valles o totales. Por ejemplo, si se muestrean 3 tramos el parámetro será $R_{p3} = (\sum R_{pi})/3$.

La terminología de los métodos de muestreo es confusa, puesto que R_z es para ISO y para DIN lo que antes hemos definido como R_t ; R_y es la denominación antigua americana para R_t , y R_{max} es la actual denominación americana. Por tanto, la única recomendación fundamental es que la utilización de cualquier parámetro deberá acompañarse de la identificación explícita de la norma a que haga referencia (por ejemplo, UNE-EN ISO 4287:1999).

Otro aspecto de la textura superficial que puede ser objeto de especificación es la *dirección predominante de las huellas o estrías* dejadas por la herramienta, cuando ésta es observable a simple vista. Dicha clasificación la hace la norma UNE-EN ISO 1302:2002 en la forma recogida en la tabla 2.8.

En algunos casos es importante indicar en el dibujo no sólo la calidad de la superficie que se debe obtener sino también el procedimiento que se debe seguir para obtenerla. Nos referimos a los procesos de fabricación, en general, y a los tratamientos superficiales especiales. Los *tratamientos superficiales especiales* son aquellas operaciones que tienen por objeto modificar las propiedades de la superficie del material. Se distinguen tres tipos, según que estén destinados a modificar sus propiedades mecánicas, proteger su superficie o embellecerla. En el caso de tratamientos destinados a embellecer la superficie (tales como «pintado», «niquelado», etc.) se trata de requisitos explícitos de diseño que deben especificarse. Por el contrario, en el caso de que por diseño se requiera asegurar unas ciertas características mecánicas (como una cierta dureza de la superficie), en lugar de exigir explícitamente tal condición, se suele recurrir a seleccionar un procedimiento de fabricación y/o un tratamiento especial que, a juicio del diseñador, garantiza la condición requerida. Así, por ejemplo, se puede exigir una condición de «recocido», «cementado», etc., para asegurar una dureza mínima de una superficie. En otros casos se concreta el proceso de fabricación para asegurar un cierto nivel de calidad, o para abaratar el producto.

En otras ocasiones se necesitan especificar características intermedias de la superficie de la pieza a fin de asegurar que los procesos de fabricación ulteriores se puedan realizar en las condiciones óptimas. Es el caso de la *demasia de mecanizado*, que es el excedente de material que debe quedar sobre una pieza, tras someterse a un cierto proceso de fabricación. Por tanto, especificar una demasia de mecanizado sirve para que quien tiene que realizar una parte del proceso de fabricación no utilice métodos que puedan afectar a las fases posteriores del proceso. En consecuencia, estas indicaciones solamente serán necesarias cuando se presuponga que la elección de ciertos métodos en alguno de los pasos del proceso de fabricación puede comprometer el resultado final. Los valores aconsejables para las demasias los fija la experiencia, aunque ciertas normas (tales como ISO 8062:1994) contienen sugerencias al respecto.

Para todo ello se utiliza una notación simbólica normalizada, que se comenta en el siguiente apartado y permite indicar tanto la calidad de la superficie que se debe obtener como el procedimiento que se debe seguir para obtenerla.

En cualquier caso, debe destacarse que todas estas especificaciones solamente deben darse cuando las prácticas de taller establecidas y usuales no puedan asegurar por sí mismas el resultado pretendido. Asimismo sólo deberían especificarse cuando sea estrictamente necesario para el funcionamiento de la pieza y únicamente en las superficies que lo exijan. Esto se debe a que al especificar un estado superficial determinado en una zona donde no es necesario se está obligando al menos a la realización de controles de calidad que aseguren que dicha especificación se cumple para las piezas fabricadas, e incluso podría obligar a utilizar procesos de fabricación más caros que los realmente necesarios.

Símbolo	Interpretación	Ejemplo
	Paralelas al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.	
	Perpendiculares al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.	
X	Cruzadas en dos direcciones oblicuas con relación al plano de proyección de la vista sobre la cual se aplica el símbolo.	
M	Multidireccional; sin que se pueda definir ninguna dirección predominante.	
C	Aproximadamente circular con relación al centro de la superficie a la cual se aplica el símbolo.	
R	Aproximadamente radial con relación al centro de la superficie a la cual se aplica el símbolo.	
P	La distribución es granulada, no direccional, o protuberante.	

Tabla 2.8 Clasificación de las direcciones de las estrias superficiales por ambas normas

2.4.2 Indicación en los dibujos

La norma UNE más moderna que contiene la información sobre indicación de las texturas superficiales en los dibujos técnicos es la UNE-EN ISO 1302:2002. En ella, la indicación de control de calidad sobre la textura de una superficie se incluye en los planos por medio de un símbolo básico sobre el cual se añaden las correspondientes anotaciones. El símbolo básico se compone de dos trazos desiguales en línea gruesa, inclinados unos 60° con relación a la línea que representa la superficie en cuestión (figura 2.76 izquierda). Este símbolo general tiene dos variantes «expandidas» en función de que se exija un proceso de fabricación con retirada de material (figura 2.76 centro) o

bien se prohíban los procesos de fabricación con retirada de material (figura 2.76 derecha). Si se tiene que hacer referencia escrita a estos tres símbolos, se denominan APA (*any process allowed*), MRR (*material removal required*) y NMR (*no material removal*), respectivamente.

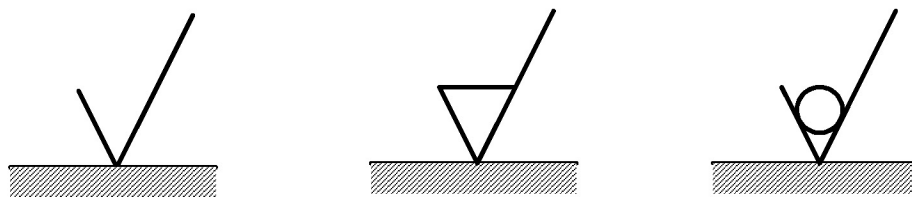


Figura 2.76. Símbolos para la indicación de la rugosidad superficial en los dibujos: símbolo general (izquierda); símbolo para exigir un proceso de fabricación con retirada de material (centro), y símbolo para exigir un proceso de fabricación sin retirada de material (derecha)

En caso de que sea necesario añadir anotaciones, el símbolo general se puede completar añadiendo una línea horizontal al brazo más largo. Alrededor del símbolo completo se pueden colocar símbolos y anotaciones con una disposición dada, recogida en la figura 2.77. El tamaño, proporciones y grosor con que se ha de dibujar tanto el símbolo como las indicaciones añadidas al mismo vienen recogidas en el anexo A de la norma. Estas indicaciones se resumen en que los símbolos y las indicaciones deben tener una altura diez veces mayor que el espesor de trazo, y el símbolo global debe tener una altura 30 veces superior al grosor del trazo. La elección del trazo apropiado depende del contexto. Se puede emplear trazo fino cuando el dibujo es muy denso, y trazo grueso cuando hay pocas indicaciones y se desea resaltarlas.

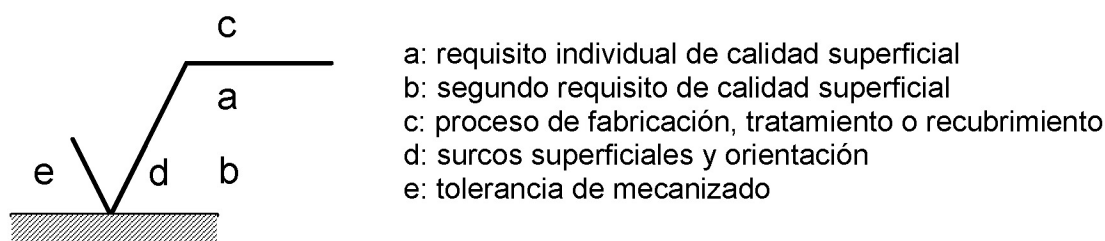


Figura 2.77 Símbolo gráfico completo de indicación de la calidad superficial, con indicación de los símbolos e indicaciones añadidas que puede contener

En la posición *a* se escribe el valor máximo admisible del parámetro de textura, precedido del símbolo correspondiente. Además de indicar el procedimiento de muestreo a emplear (mediante el parámetro R, W o P acompañado de los subíndices apropiados), se deben especificar los parámetros complementarios del método de medida; tales como longitud de muestreo, tipo de filtro aplicado, etc. Cuando se indica un único valor del parámetro, éste hace referencia al valor máximo que puede alcanzar el parámetro (figura 2.78 izquierda). En ciertos casos, el símbolo *a* se puede desdoblar, para especificar diferentes criterios de comprobación (figura 2.78 centro). En caso de que sea necesario controlar tanto el valor máximo como el valor mínimo, se especifican ambos, situando el valor máximo encima del valor mínimo y precediéndolos de las letras U (por *upper*, o superior) y L (por *lower* o inferior) (figura 2.78 derecha).

El requisito de calidad puede contener tantas indicaciones complementarias como las mostradas en la tabla 2.9.

El símbolo de calidad superficial también puede utilizarse para indicar procesos de fabricación mediante indicaciones escritas que se colocan en la posición *c*. Las indicaciones pueden ser simples descripciones genéricas del proceso de fabricación (figura 2.79 izquierda y centro) o pueden contener referencias detalladas al proceso a aplicar (figura 2.79 derecha).

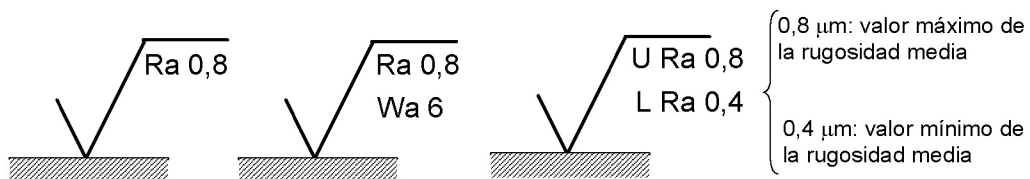


Figura 2.78. Indicación de rugosidad máxima admisible (izquierda), de rugosidad y ondulación máximas admisibles (centro) y de rugosidad máxima y mínima admisible (derecha)

Tipo de proceso de fabricación	Tipo de límite de especificación	Tipo de filtro	Banda de transmisión	Parámetro de calidad superficial		Longitud de evaluación	Interpretación del límite	Valor límite
				Perfil	Característica			
APA MRR NMR	U L	2RC Gausiano	$\lambda_s - \lambda_c$ -Lr	R W P	a z p	3 x Lr 4 x Lr 5 x Lr	Máximo 16%	μm

Ejemplos:

MRR 0,0025 – 0,8 / Rz 3,0
 APA - λ_c 12 x λ_c / Wz 125
 MRR U Rz 0,9 ; L Ra 0,3
 MRR L Gauss -0,8 / Ra 5 1.0

Tabla 2.9. Elementos de control en la indicación de los requisitos de calidad superficial

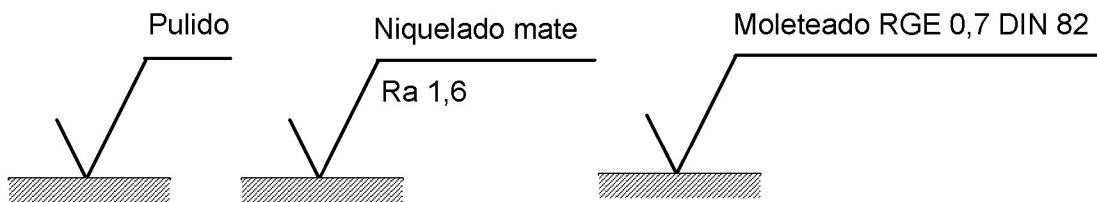


Figura 2.79. Indicación de procesos genéricos de fabricación (izquierda y centro) y de un proceso específico de fabricación definido en una norma (derecha)

Cuando se especifica una calidad superficial además de un proceso de fabricación, recubrimiento o tratamiento, la calidad especificada hace referencia a la obtenida tras dicho proceso (figura 2.79 centro).

Por último, la indicación de la dirección de los surcos o estrías de mecanizado (posición *d* de la figura 2.77) se realiza mediante alguno de los símbolos recogidos en la tabla 2.8.

Los símbolos básicos o completos, junto a las indicaciones que lo acompañan, se colocan en la parte exterior de la pieza directamente sobre la superficie a la que se refieren (figura 2.80, indicaciones marcadas con *a1*), o bien en una prolongación de la misma realizada en línea llena fina (figura 2.80, indicaciones *a2*). Se deben colocar de forma que las anotaciones puedan ser leídas desde la parte inferior o derecha del dibujo. En caso de que la orientación de la superficie no lo permita, se puede unir el símbolo por medio de una flecha (figura 2.80, indicaciones *a3*).

Al igual que la acotación, los símbolos de acabados superficiales deben colocarse una sola vez sobre el dibujo, en la medida de lo posible en la vista en la que está acotada la superficie; debe evitarse la acumulación de símbolos en una sola vista; deben evitarse cruces y solapamientos que dificulten la lectura; etc., (figura 2.81).

Cuando sea necesario indicar la calidad superficial antes de un tratamiento o recubrimiento se puede hacer mediante una nota escrita o bien especificando ambos en el dibujo tal y como muestra la figura 2.82, indicando el tratamiento posterior sobre una línea gruesa de trazo y punto adyacente a la superficie en cuestión.

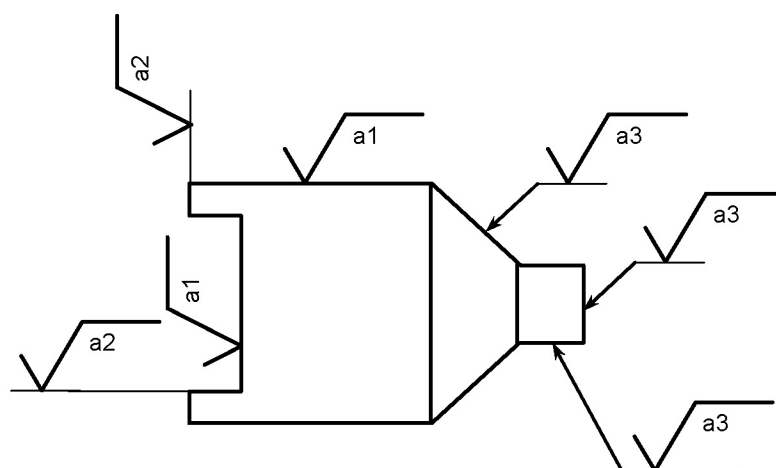


Figura 2.80. Colocación de los símbolos sobre las superficies de la pieza

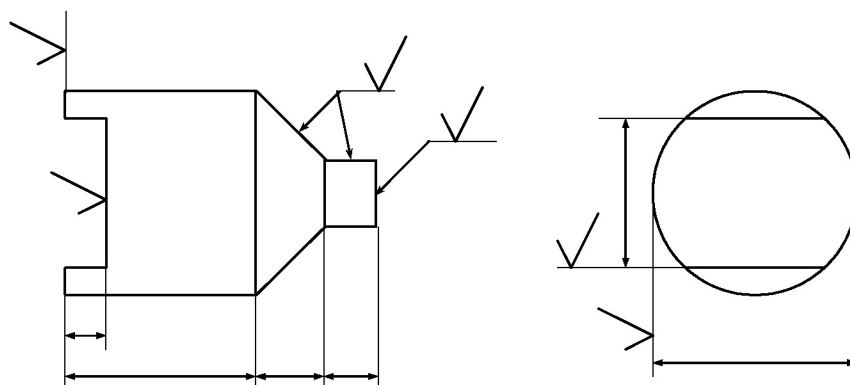


Figura 2.81. Distribución de los símbolos en las vistas del dibujo

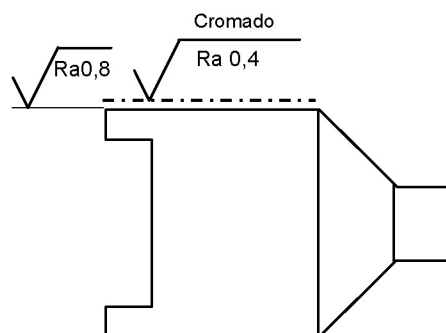


Figura 2.82. Indicación de acabados superficiales intermedios

En caso de que todas las superficies deban tener el mismo estado superficial, basta con indicarlo con una nota cerca del dibujo o bien a continuación de la marca de la pieza (figura 2.83).

Si se exige el mismo estado superficial para casi todas las superficies de la pieza se debe indicar a continuación del símbolo bien con la frase «salvo indicación particular», bien con una indicación entre paréntesis del símbolo básico o de tantos símbolos completos como excepciones existan (figura 2.84). En cualquier caso, las superficies que son motivo de excepción deben llevar los símbolos necesarios.

Otra indicación particular consiste en añadir un círculo centrado en el vértice de unión del lado largo del símbolo básico con la línea de referencia horizontal. Dicho símbolo se interpreta como

que la condición descrita se aplica a todas las superficies del contorno al que pertenece la arista sobre la que se indica el símbolo (figura 2.85).

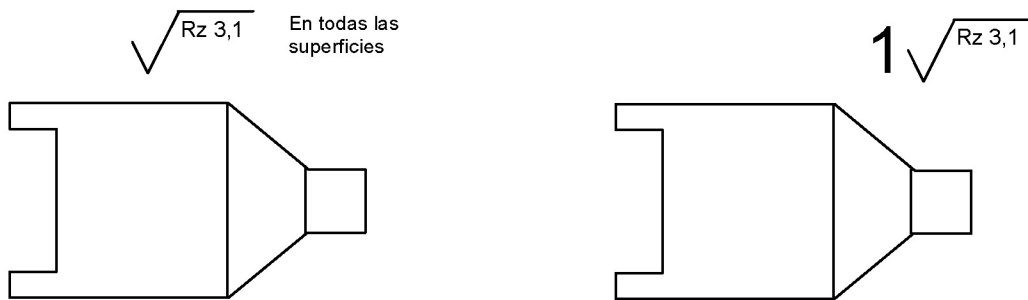


Figura 2.83. Indicación del mismo estado superficial para todas las superficies de la pieza

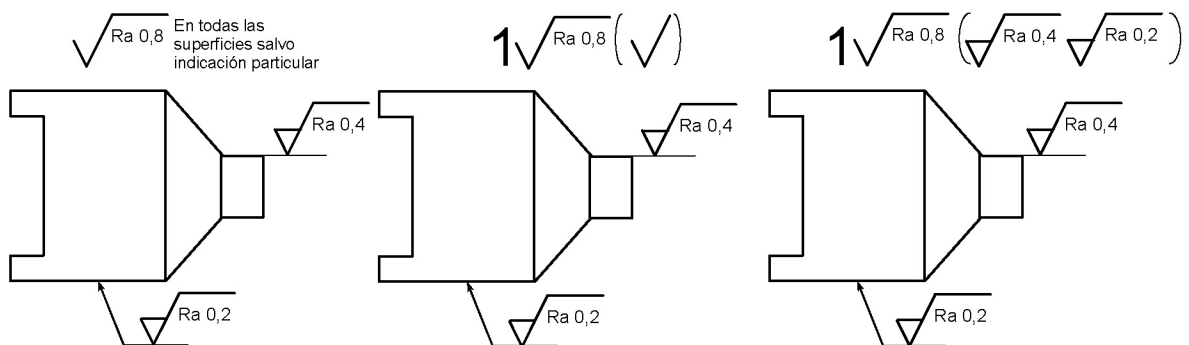


Figura 2.84. Indicación del mismo estado superficial para casi todas las superficies de la pieza

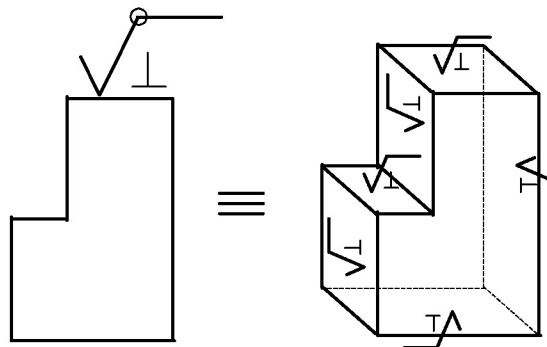


Figura 2.85. Indicación del mismo estado superficial para todas las superficies del contorno al que pertenece la arista

Por último, la norma permite también simplificaciones en la representación de los símbolos, para evitar repeticiones de indicaciones complejas, o bien cuando no se disponga de espacio suficiente para colocarlas sobre el dibujo de la pieza. Se utiliza una indicación simplificada sobre la superficie, explicando su significado en un lugar cercano al dibujo de la pieza o al cuadro de rotulación (figura 2.86).

Aunque la elección de las calidades superficiales apropiadas excede el alcance de este texto, en la tabla 2.10 se incluyen, a título ilustrativo, los valores de las rugosidades medias (Ra) que según diferentes autores se obtienen al ejecutar distintos procesos de fabricación.

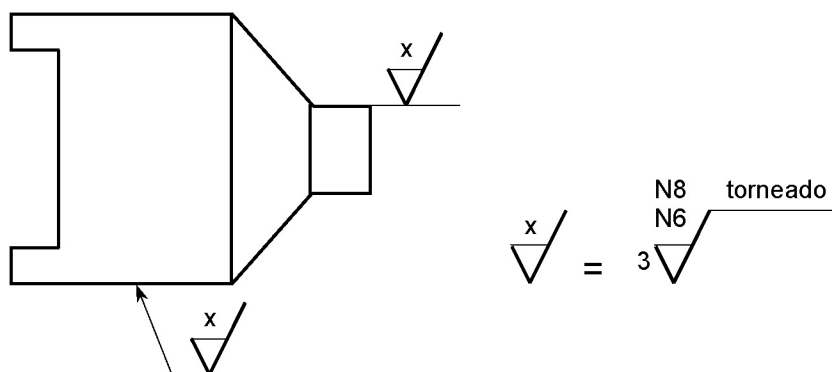


Figura 2.86. Utilización de representación simplificada para evitar repeticiones complejas

Clase (*)	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
μm (*)	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
μin (*)	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1
Laminado	24	1234	12345	12345	1235	1235	123	123	2			
Fundición	24	1245	1245	1245	1245	1245	1245					
Limado	1	1	1	1	1							
Forjado		2	2	2	12	2						
Cepillado	1	123	123	123	123	123	2	2				
Torneado		235	12345	12345	12345	12345	12345	12345	235	25	2	2
Fresado	1	125	1245	12345	12345	12345	12345	1245	125			
Taladrado			12345	12345	12345	12345	245					
Escariado				25	25	25	25	25				
Mandrinado				125	1235	1235	1235	1235	5			
Brochado				5	135	135	135	135	5			
Rectificado		5	5	4	1345	12345	12345	12345	12345	1245	124	24
Pulido							245	1245	1245	1245	125	25
Superacabado							2	2	1235	1235	1235	1235

Leyenda: Valores promedio normales o posibles

Valores excepcionales o poco frecuentes

Fuentes: (1) Chevalier, A. (1992): *Dibujo Industrial*, Uteha, México, Pág. 55.

(2) Bertoline, G.R. (1999): *Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica*, McGraw-Hill, México, Pág. 819.

(3) Mata, L.; Oms, J. y Álvarez, C. (1978): *Técnicas de Expresión Gráfica 2.2. Rama Metal*, Don Bosco, Barcelona, Pág. 54.

(4) Chirone, E. y Tornincasa, S. (1997): *Disegno tecnico industriale 2. Il capitolo*, Torino, Pág.367

(5) Romero, F.; Vila, C.; Serrano, J. y Bruscas, G. (2006): *Informe interno del Área de Procesos de Fabricación, Departamento ESID*, Universitat Jaume I Castelló.

Notas: (*) Valores según UNE 1037:1983 equivalente a ISO 1302:1978.

Tabla 2.10. Tabla de rugosidades medias habitualmente obtenidas mediante diferentes procesos de fabricación, según distintas fuentes

2.5 TOLERANCIAS DIMENSIONALES

2.5.1 Introducción

Las normas de acotación (UNE 1039:1994, ISO 129-1:2004, etc.) fijan la manera de representar las dimensiones teóricas de cualquier elemento. Sin embargo, los procesos de fabricación no permiten fabricar con dimensiones exactas; aunque permiten acercarse tanto como se quiera a las dimensiones exactas a cambio de aumentar el coste, a veces de forma casi exponencial.

Dependiendo de la precisión requerida, se pueden dar tres circunstancias:

- a) que los procesos habituales de fabricación, ensamblaje, puesta en obra, etc., permitan garantizar una precisión suficiente para asegurar que se cumpla la función para la que se ha diseñado.
- b) que se necesite un proceso especial para garantizar una precisión mínima que asegure la funcionalidad.
- c) que se requiera más precisión de la que se pueda conseguir, y que, en consecuencia, el problema no tenga solución práctica.

En el primer caso, las normas de acotación son suficientes para guiar en el dimensionado de cualquier elemento, independientemente de la finalidad de la representación (diseño, fabricación, etc.). Por contra, en el segundo caso, es necesario especificar la precisión mínima requerida para que el producto cumpla su función. Las tolerancias dimensionales son la manera normalizada de especificar las precisiones requeridas. Las tolerancias dimensionales se añaden a las cotas. Por tanto, al igual que para las cotas se puede distinguir entre tolerancias de diseño, de fabricación, de control de calidad... Las tolerancias de diseño son las que propone el diseñador porque conoce la *función* del elemento, y, en consecuencia, sabe cuáles son las posibles dimensiones críticas del producto. Por su parte el responsable de la realización práctica (el ingeniero de fabricación, jefe de obra...) debe convertir las especificaciones de precisión requerida por el diseño en información válida para ejecutar la tarea. Es muy frecuente que, por ejemplo, las dimensiones y tolerancias que aseguran una función, no sean las dimensiones y tolerancias óptimas para controlar la fabricación. La figura 2.87 muestra un ejemplo de ello.

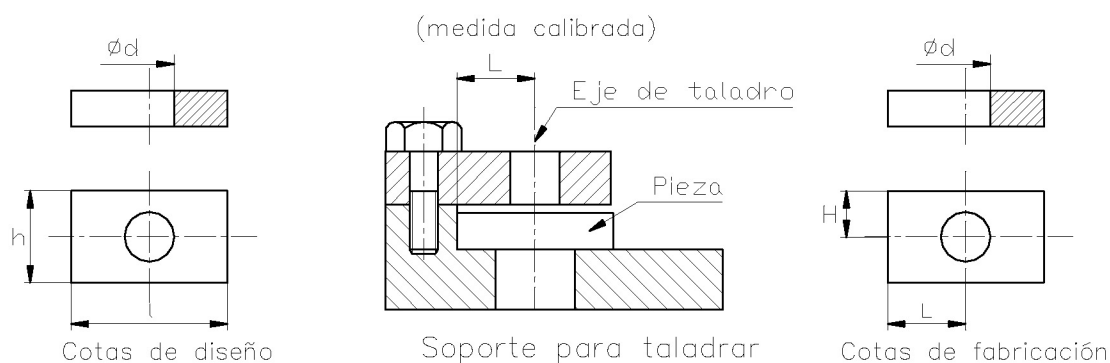


Figura 2.87 Diferencias entre cotas de diseño (izquierda) y de fabricación (derecha). Las cotas de fabricación dependen del soporte para taladrar (centro)

Por tanto, en cualquiera de los diferentes supuestos de acotación con tolerancias (diseño, fabricación, control de calidad, etc.), la selección de las cotas que deben ser objeto de tolerancia depende de la finalidad del dibujo y además es un proceso complejo que excede el alcance de este libro, por lo que nos limitaremos a apuntar algunos criterios muy simples y generales sobre el tema. No obstante, la metodología de acotación con tolerancias sí que es la misma en todos los casos, con inde-

pendencia de cuál sea la finalidad del dimensionamiento. En concreto, la forma de representar una dimensión con tolerancias consiste en:

- identificar la magnitud por medio de la misma simbología empleada para acotar (líneas de referencia, líneas de cota, flechas de cota y símbolos complementarios), e
- indicar la medida tolerada en el lugar destinado a la cifra de cota, para lo que existen dos formas diferentes de indicación:
 - por indicación directa de valores que definan completamente la medida y su tolerancia, o
 - por referencia a una clasificación normalizada de valores de tolerancia.

Debe precisarse que, la clasificación normalizada de valores de tolerancia proviene del campo de la ingeniería mecánica (UNE 4040:1981, ISO 286:1962, ya anuladas), aunque ha sido adoptada en otros ámbitos. Pero, por ejemplo, en la norma específica de tolerancias para edificación (ISO 6284:1996) únicamente se permite indicar la tolerancia por medio de la medida nominal y las desviaciones (que es un caso particular de indicación directa).

Para conocer la forma normalizada de representar las tolerancias partiremos de conceptos básicos que se definen a partir de la terminología recogida en el anexo C de la norma ISO 286-1:1988, y en la norma UNE 82001:1991.

Entonces estaremos en condiciones de describir los métodos de representación recogidos en la norma UNE 1120:1996, (equivalente a la ISO 406:1987) y la primera parte de la norma UNE 41605:1997 IN.

Por último, pasaremos a describir detalladamente el método ISO recogido en la norma ISO 286:1988 (*ISO system of limits and fits*), adoptado en UNE-EN 20286:1996. Por su parte, la norma ANSI B4.2-1978 (reafirmada en 1999 y en 2004) es la interpretación de la norma ISO por la American Society of Mechanical Engineers.

2.5.2 Conceptos básicos

Añadir una tolerancia a una medida significa indicar unos márgenes de variación respecto a su valor teórico o nominal, de forma que se asume que cualquier pieza real cuya medida efectiva esté dentro de los márgenes indicados por la tolerancia es válida. Cuando se añaden tolerancias, los modelos geométricos perfectos se convierten en modelos «envolventes». Existe una envolvente por exceso y otra por defecto. Ambas marcan los límites del modelo geométrico que utilizamos para cuantificar el error cometido al fabricar. Cualquier pieza mayor que la envolvente por exceso o menor que la envolvente por defecto es inaceptable.

Para simplificar el modelo envolvente sin perder generalidad, se asume que uno de los dos extremos de la dimensión controlada es teóricamente perfecto, y que los errores siempre se acumulan en el otro extremo. Por lo tanto, la arista perfecta se mantiene como tal en el modelo envolvente, y la arista imperfecta se convierte en una *banda de tolerancia*, o simplemente *tolerancia*. En concreto, para un elemento diseñado con una *medida nominal* (m_n), se definen un *límite inferior* (m_{\min}) y un *límite superior* (m_{\max}) entre los cuales puede oscilar libremente la medida real de los «x+y» elementos fabricados; de tal forma que se aceptan como aptos para la función a realizar si están dentro de la banda de tolerancia del modelo envolvente (a_1, a_2, \dots, a_x en la figura 2.88), y se consideran no aptos en cualquier otro caso (n_1, \dots, n_y en la figura 2.88).

La diferencia entre el límite superior (m_{\max}) y el inferior (m_{\min}) se denomina *tolerancia* (t).

Se definen otros parámetros relacionados con la tolerancia (figura 2.89):

- el área comprendida entre las líneas de referencia de ambos límites es la *zona de tolerancia*,

- la medida nominal marca la *línea de cero*, o línea de referencia,
- la *desviación superior* es la diferencia entre el límite máximo y la medida nominal ($d_s = m_{\max} - m_n$),
- la *desviación inferior* es la diferencia entre el límite mínimo y la medida nominal ($d_i = m_{\min} - m_n$).

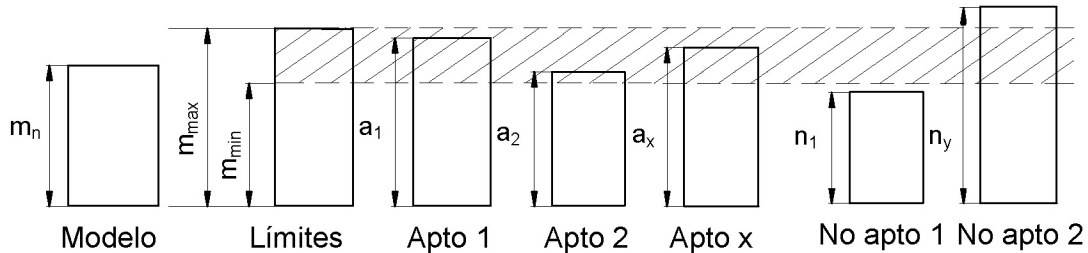


Figura 2.88. Medidas básicas de una tolerancia

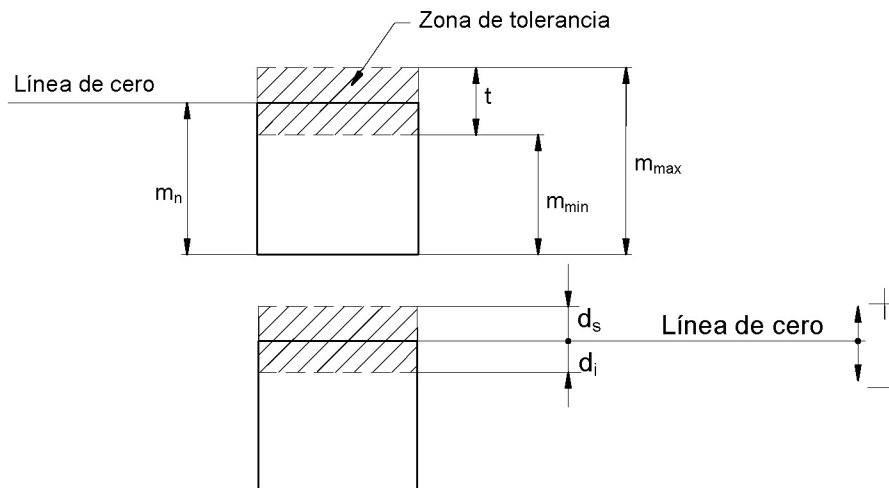


Figura 2.89. Otros parámetros básicos de una tolerancia

Obsérvese que no hay restricciones sobre los valores relativos de m_{\min} y m_{\max} respecto a m_n . Por tanto, puede darse el caso de que la zona de tolerancia excluya la medida nominal del rango válido (ver figura 2.90), obligando a que el elemento real tenga dimensión necesariamente mayor que la nominal o necesariamente menor. Obsérvese también que tanto la desviación superior como la inferior pueden ser positivas (medida límite mayor que la nominal) como negativas (medida límite menor que la nominal). En cambio, sí que existe la restricción obvia de que m_{\max} debe ser *estrictamente* mayor que m_{\min} , dado que $m_{\max} = m_{\min}$ significaría tolerancia nula (o, lo que es lo mismo, precisión absoluta).

Los casos 1 y 3 de la figura 2.90 (en los que la medida nominal queda excluida de la zona de tolerancia), no parecen tener sentido cuando se piensa en una pieza aislada. Sin embargo, como se verá más adelante, su utilidad reside en la facilidad que aportan para expresar diferentes condiciones de ajuste entre dos piezas con la misma medida nominal. Por tanto, si se considera un elemento aisladamente, lo normal es elegir la medida nominal de forma que quede intercalada en la zona de tolerancia (caso 2 de la figura 2.90).

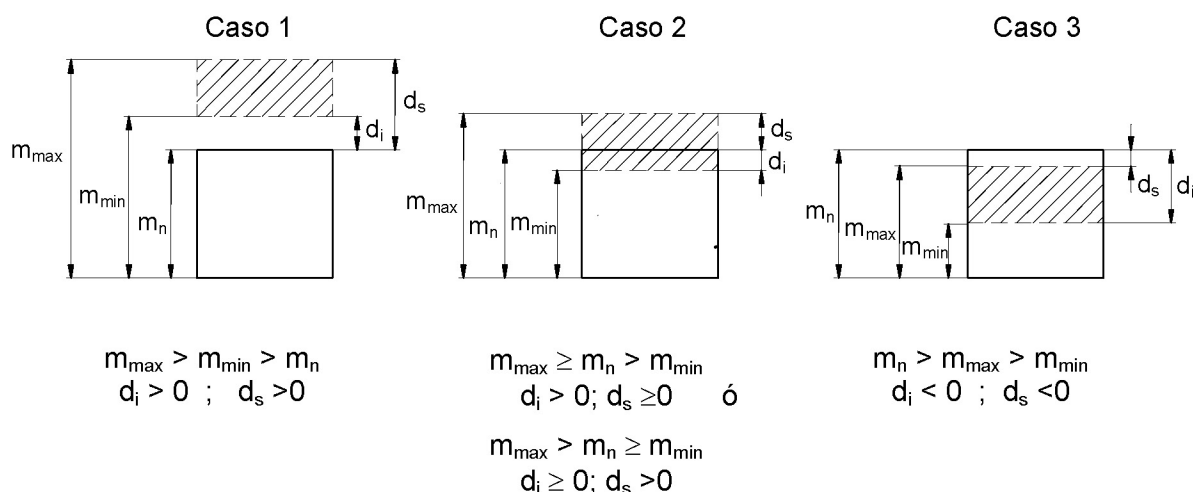


Figura 2.90. Posiciones relativas de las tolerancias respecto a la medida nominal

Existen dos casos límite que resultan útiles. En el primero, la tolerancia es simétrica respecto a la línea de cero. En el segundo, una de las dos diferencias se anula. Este caso se denomina *tolerancia con cero obligado* (figura 2.91).

Hay dos posibles tolerancias con cero obligado: cuando el cero obligado corresponde a la desviación inferior ($d_i=0$) y cuando corresponde a la desviación superior ($d_s=0$). En el caso de una pieza maciza, veremos que el criterio que está normalizado es el segundo ($d_s=0$, que corresponde a tolerancias tipo *h* según el sistema ISO). Por el contrario, en las piezas huecas, el criterio normalizado es que la desviación con cero obligado sea la inferior ($D_i=0$, que corresponde a tolerancias tipo *H*), (figura 2.92).

Para finalizar la introducción de conceptos básicos de tolerancia, debemos remarcar dos cosas. En primer lugar, que el orden de magnitud de las tolerancias respecto a las medidas nominales suele estar en un rango de 1/100, pudiendo llegar a rangos de 1/1000 o más estrechos. Así por ejemplo, en fabricación de piezas de máquinas y mecanismos, la tolerancia normalizada más amplia, para $m_n = 500$ mm, es de $4000\mu\text{m}$ (luego $t/m_n = 4/500$), y la más estrecha, para $m_n = 3$ mm, es de $0,3\mu\text{m}$ (luego $t/m_n = 1/10000$). Por tanto, no hay que dejarse confundir por las proporciones de las figuras 2.88 a 2.92: en todas ellas se han falseado las escalas para poder resaltar todos los parámetros que intervienen en la especificación de una tolerancia.

El segundo aspecto a destacar es que se distinguen las tolerancias que se aplican a partes macizas de las que se aplican a partes huecas o agujeros. Para mostrar tal distinción, las letras que identifican a los parámetros se ponen en *minúscula* cuando se trata de parte maciza, y en *mayúscula* cuando se trata de huecos (tal como se ha hecho con las desviaciones de la figura 2.92, por similitud con el sistema ISO). Por tanto, se utilizará d_i - d_s - t -... o D_i - D_s - T -... para hacer referencia a la desviación inferior-desviación superior-tolerancia-... del eje o del agujero respectivamente.

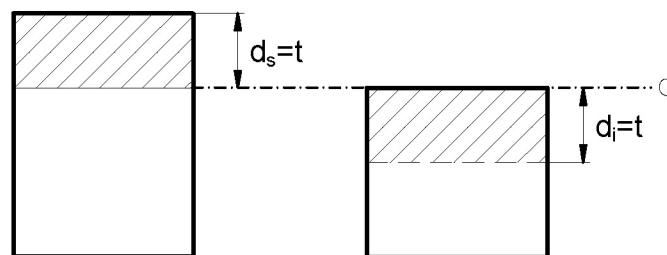


Figura 2.91. Tolerancias con cero obligado

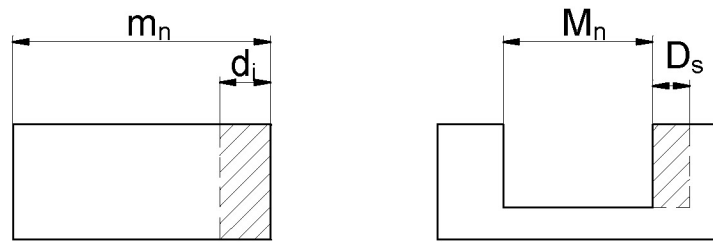


Figura 2.92. Tolerancias de cero obligado normalizadas para pieza maciza (izquierda) y para hueca (derecha)

2.5.3 Representación por indicación directa de la tolerancia

Los dos posibles métodos de representación contemplados en la norma son los siguientes:

- Indicación del valor de ambas medidas límite, consignando la medida límite superior encima de la inferior, ocupando esta última el lugar de la cifra de cota (figura 2.93). Este método es poco utilizado porque no refleja la medida nominal. No obstante, es la forma más apropiada de expresar una tolerancia cuando sólo debe darse el límite máximo o el mínimo. En tal caso se pone la cifra que corresponde al límite, seguida de la indicación «máx.» o «min.».
- Anotación de la tolerancia a la derecha de la cifra correspondiente a la medida nominal (figura 2.94). La tolerancia se da desglosada en desviación superior y desviación inferior, consignando la desviación superior sobre la inferior. Es decir, se expresan las desviaciones permitidas respecto a la medida nominal. Éste método tiene la ventaja de que conserva la «intención de diseño», recogida en la medida nominal, quedando constancia de cuál es la medida teórica ideal.

Algunas excepciones que se pueden presentar son:

- que una de las dos desviaciones sea nula. En tal caso se consigna el valor 0 (sin signo ni decimales) en la posición de dicha desviación.
- que ambas desviaciones sean iguales y de signo contrario (tolerancia simétrica). En tal caso se consigna una sola cifra precedida del signo \pm .

Otras variantes peculiares del método de las desviaciones las podemos encontrar en la norma de tolerancias para edificación UNE-EN ISO 6284:2000. Puede destacarse el empleo de las tolerancias en la indicación de alturas o «cotas», indicación que se hace por medio de una acotación especial, con línea de referencia (ver figura 2.95).

Tanto si se consignan medidas límite como si se consignan medida nominal y desviaciones, todas las cifras deben estar expresadas en la misma unidad (usualmente en mm). Si, excepcionalmente, se emplea otra unidad para todas las desviaciones, ésta se indicará en la correspondiente nota del cuadro de rotulación. Si son unas pocas tolerancias las que se expresan en una unidad distinta a la del resto, se indica tal unidad a continuación de cada cifra.

Lo anterior es válido únicamente para dimensiones lineales, ya que en las dimensiones angulares deben indicarse siempre tanto las unidades del ángulo nominal, como las de las desviaciones o ángulos límite. Además, se deben indicar tanto las unidades de las partes enteras, como las de las fracciones.

Por lo que respecta al tamaño de las cifras, para la medida nominal, límite superior y límite inferior se emplea el mismo criterio que para cualquier otra cifra de cota. La desviación superior y la desviación inferior, pueden ser del mismo tamaño que las cifras de cota, o pueden ser algo más pequeñas (50-75% del tamaño de las cifras de cota).

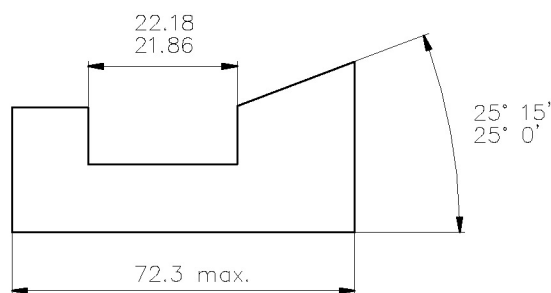


Figura 2.93. Tolerancias indicadas mediante límites superior y/o inferior

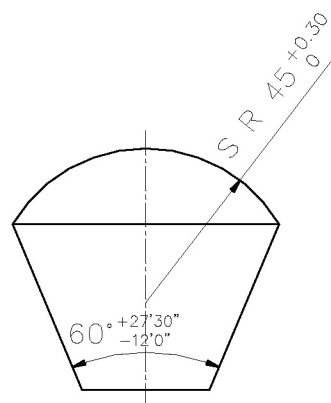


Figura 2.94. Tolerancias indicadas mediante desviaciones superior e inferior

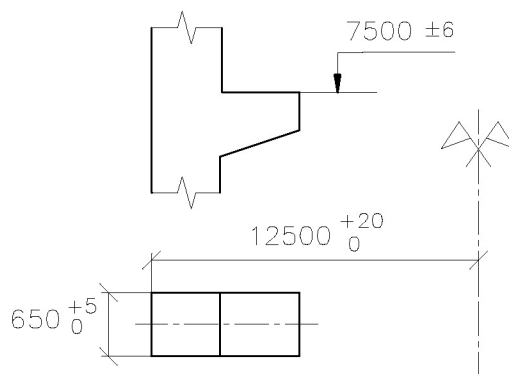


Figura 2.95 Indicación de tolerancia mediante línea de referencia

2.5.4 Representación por referencia a clasificación normalizada de la tolerancia (sistema ISO)

Tal como se ha dicho antes, sólo existe una clasificación normalizada de valores, la de «Tolerancia para piezas lisas, hasta 500 mm» (UNE-EN 20286:1996, ISO 286:1988).

Los valores adoptados en dicha clasificación provienen de tolerancias empíricas y procedimientos de interpolación recogidos en las propias normas, que han sido seleccionados en base a la experiencia acumulada durante mucho tiempo, y que se van actualizando de acuerdo con las posibilidades tecnológicas de las máquinas herramienta.

El principal beneficio de esta normalización es que se simplifican los procesos de fabricación (por ejemplo, por reducción de utillajes), y los procesos de comprobación (reducción de calibres, etc.).

Por tanto, debe quedar claro que tales tolerancias normalizadas están orientadas al dimensionado de magnitudes lineales de piezas que deben ser fabricadas en taller (fabricación de máquinas y mecanismos), y que no aportan ventajas tecnológicas en ningún otro ámbito de dimensionado (por ejemplo, en el dimensionado con tolerancias para obras civiles).

Esta clasificación normalizada, comúnmente denominada «sistema ISO», está basada en especificar dos de los parámetros de la tolerancia:

- la anchura de la zona de tolerancia o *calidad de la tolerancia*, o, simplemente, tolerancia (t), y

- la *posición de la zona de tolerancia*, que, según los casos, viene dada por la desviación superior (d_s) o la inferior (d_i).

Por tanto, en el sistema ISO, la indicación de una magnitud lineal con tolerancia se expresa con una cota en la cual se especifica la medida nominal seguida de un *símbolo de la tolerancia*, que se compone de una o dos letras que especifican la posición de la tolerancia y un valor numérico que define la calidad de la tolerancia o anchura de la zona de tolerancia. Se suele complementar esta indicación de la tolerancia consignando a continuación y entre paréntesis los valores de las desviaciones que corresponden a la tolerancia indicada (figura 2.96).

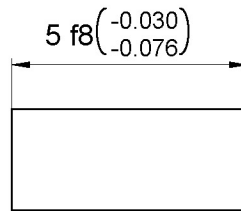


Figura 2.96. Indicación de tolerancia según el sistema ISO, junto con la indicación de las desviaciones

2.5.5 Calidad de tolerancias ISO

En el sistema ISO se definen 18 calidades, o anchuras de la zona de tolerancia (01 - 0 - 1 - 2 - - 15 - 16), de tal forma que la tolerancia es mayor para un índice más grande. O lo que es lo mismo, la precisión de la medida aumenta cuando el índice disminuye. Estas 18 calidades se denominan también *índices de tolerancia* (IT) ya que no son valores fijos, sino que dependen de la medida nominal, es decir, la anchura de la banda de tolerancia, para una misma calidad, es proporcional a la medida nominal.

Para evitar el cálculo de la calidad para cada posible medida nominal, se ha establecido una partición en grupos de medidas, de tal forma que se calcula una única calidad para cada grupo.

La norma ISO define también una *serie principal* de 13 grupos de medidas nominales, que constituyen la partición del rango de 0 a 500 mm que contempla la norma. Existe una *serie complementaria* que descompone el mismo rango de 0 a 500 mm en 25 tramos o grupos. Y también existen extensiones de la norma que abarcan hasta 3150 mm.

En la tabla 2.11 se recogen los valores de calidad que corresponden a las 18 calidades posibles para cada uno de los 13 tramos de medidas nominales de la serie principal.

Para orientar sobre la utilidad práctica de fabricar con los 18 índices de calidad, puede servir el siguiente agrupamiento:

IT01 - IT0	Corresponde a calidades de lo que se denomina «ultraprecisión».
IT1 - IT3	Son las calidades habituales para los instrumentos de medidas de precisión.
IT4 - IT10	Corresponden a calidades de piezas de máquinas que requieren precisión.
IT11 - IT16	Corresponden a piezas que deben ensamblar, pero no requieren una gran precisión.

En cuanto a las calidades que se pueden obtener con diferentes procesos de fabricación, hay que comenzar por insistir en que los procesos de fabricación no son completamente homogéneos. Además, los procesos y las máquinas herramienta están evolucionando constantemente. Por lo tanto, no es posible establecer un vínculo claro entre procesos de fabricación e índices de tolerancia de las piezas fabricadas. No obstante, se pueden encontrar diferentes indicaciones de los procesos de fabricación de los que puede esperarse que en condiciones normales produzcan piezas cuyas tole-

rancias estén dentro de ciertos rangos de índices IT. Un ejemplo es la propuesta del apéndice C de la norma ANSI B4.2-1987 (reafirmada en 2004). Otro ejemplo se muestra en la tabla 2.12, que incluye las calidades aproximadas que se pueden obtener con algunos procesos de fabricación.

Grupos de medidas nominales (mm)	CALIDADES (μm)																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
Hasta 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
>3 a 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
>6 a 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
>10 a 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
>18 a 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
>30 a 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
>50 a 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
>80 a 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
>120 a 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
>180 a 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
>250 a 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
>315 a 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	670	890	1400	2300	3600
>400 a 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Tabla 2.11. Índices de tolerancia para medidas nominales de la serie principal

IT	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	01
Proceso de fabricación																		
Moldeado en arena																		
Moldeado en coquilla																		
Moldeado en cera																		
Sinterizado																		
Estampado en caliente																		
Extrusión en caliente																		
Laminado en caliente																		
Laminado en frío																		
Trefilado en frío																		
Oxi-corte																		
Serrado																		
Fresado acero rápido																		
Fresado metal duro																		
Torneado desbaste																		
Torneado acabado																		
Torneado diamante																		
Taladrado con broca																		
Mandrinado																		
Escariado																		
Brochado																		
Mandrinado diamante																		
Rectificado desbaste																		
Rectificado de producción																		
Rectificado de precisión																		
Bruñido																		
Lapeado																		
Pulido mecánico																		
Pulido electrolítico																		
Superacabado																		

Tabla 2.12. Rango de índices de tolerancia habituales (gris oscuro) y excepcionales (gris claro) que se pueden obtener con diferentes procedimientos de fabricación

2.5.6 Posición de las tolerancias ISO

El índice de calidad mide la «banda de tolerancia», es decir, el máximo error de fabricación que resulta aceptable. Pero, dicho error puede producirse en diferentes posiciones, dependiendo de cómo se ajusten las máquinas durante el proceso de fabricación. Por tanto, para completar la información de tolerancias, hay que indicar cuál es la *posición* que debe ocupar la banda de tolerancia.

Para clasificar las posiciones la norma distingue entre elemento macizo y hueco. Debe tenerse presente que, por costumbre, en las tolerancias ISO se emplean las denominaciones de eje/agujero, en lugar de las más genéricas macizo/hueco. Así, la posición relativa de la zona de tolerancia respecto a la línea de cero, o medida nominal, viene dada por medio de una o dos letras minúsculas para elementos macizos (figuras 2.97) y mayúsculas para huecos (figura 2.98).

La letra *h* para ejes (o elementos macizos) y la *H* para agujeros (o huecos) corresponden a tolerancias de máximo material con cero obligado. Es decir, $d_s = 0$ en los ejes, y $D_i = 0$ en los agujeros. Para los agujeros, las letras del abecedario anteriores a la *H* corresponden a piezas con medida real estrictamente mayor que la nominal (agujeros más grandes). Mientras que para los ejes, letras anteriores a la *h* significan medidas reales estrictamente menores que la nominal (ejes más pequeños). Por tanto, en estos casos, la posición de la zona de tolerancia queda determinada por la desviación superior (d_s) en los ejes, y la inferior (D_i) en los agujeros (figura 2.99), es decir, la desviación correspondiente al límite más cercano a la medida nominal.

Tanto en ejes como en agujeros, la posición *JS* (J simétrica) cumple la condición de que $d_i = d_s = IT/2$, por lo que la posición se deduce directamente del valor de la calidad.

La posición *J* también corresponde al caso en que la medida nominal está comprendida entre el límite superior y el inferior. Pero en este caso, se especifica la desviación inferior en el caso de ejes, y la superior en el caso de agujeros, ya que al no ser simétricas, la posición exacta de la banda de tolerancia no se deduce del valor de la calidad (figura 2.100).

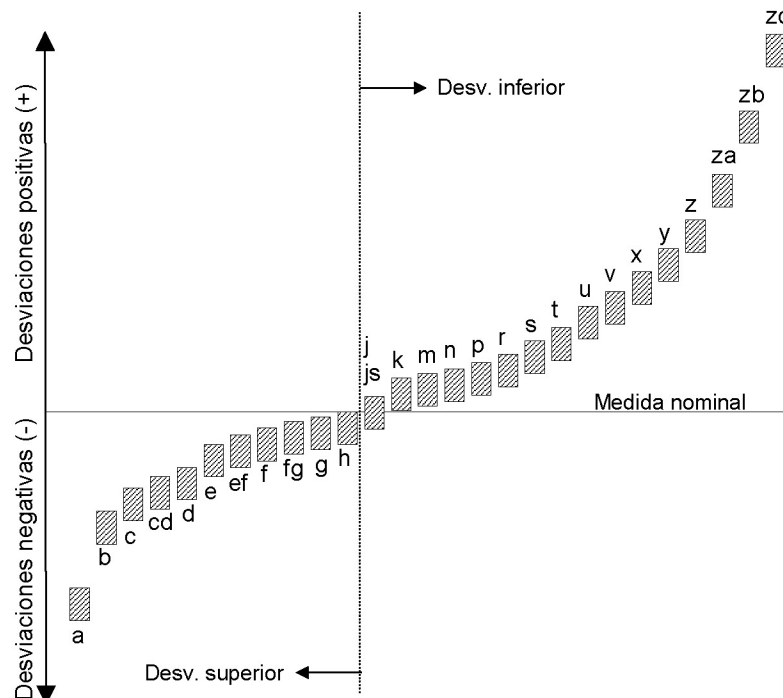


Figura 2.97. Posición de las tolerancias ISO para ejes

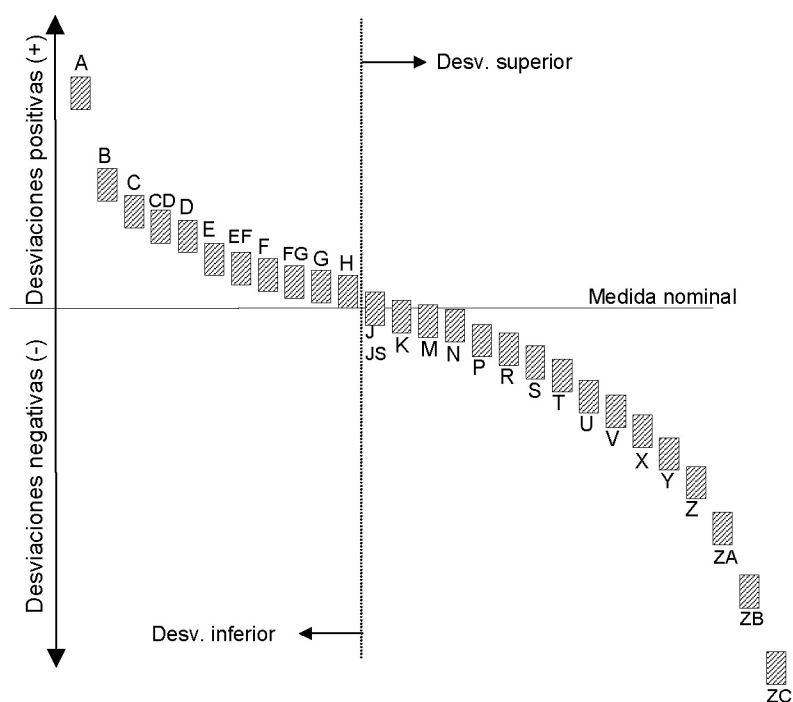


Figura 2.98. Posición de las tolerancias ISO para agujeros

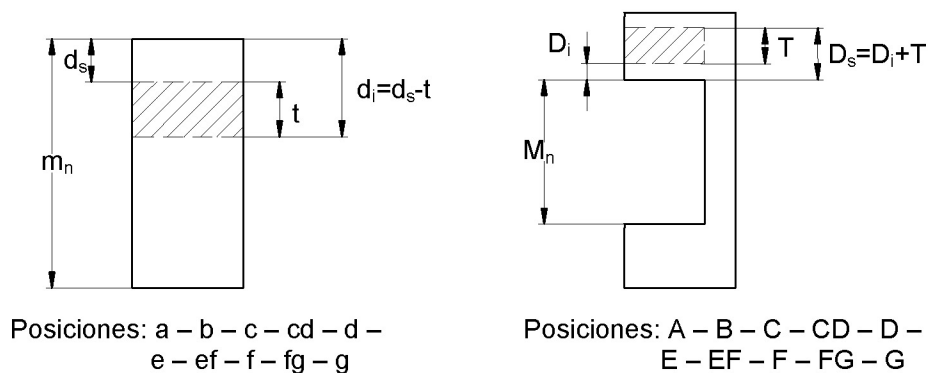


Figura 2.99. Posiciones de ejes más pequeños que la medida nominal (izquierda) y posiciones de agujeros más grandes que la medida nominal (derecha)

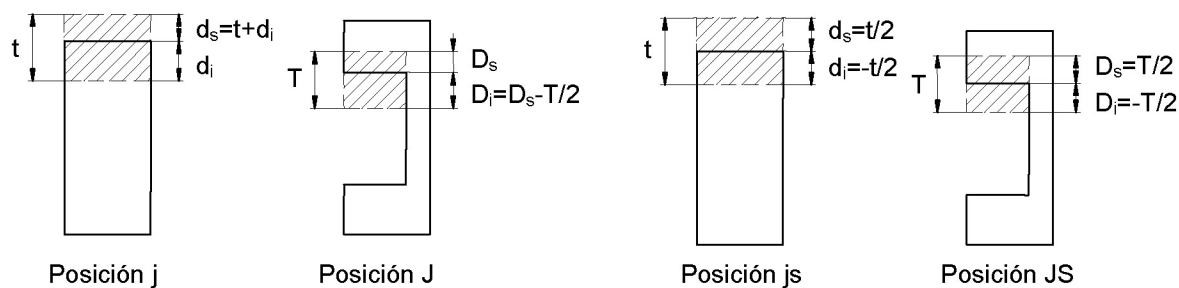


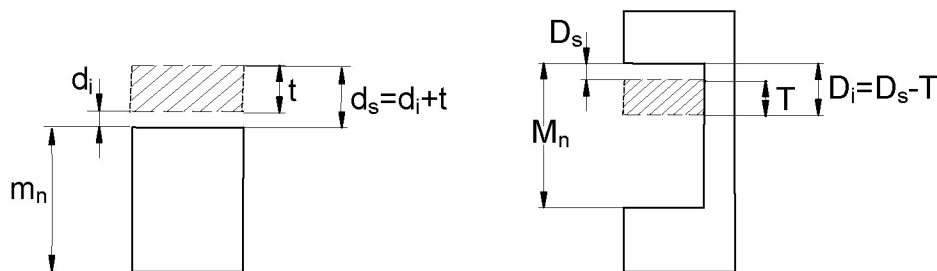
Figura 2.100 Posiciones j y J «simétrica»

En los agujeros, la letra K y las posteriores del abecedario corresponden a piezas con medida real más pequeña que la medida nominal (agujeros más pequeños). Y para los ejes, la letra k y posterior-

res corresponden a medidas reales mayores que la nominal (ejes más grandes). En estos casos, la posición de la tolerancia queda determinada conociendo la desviación inferior (d_i) en los ejes, y la superior (D_s) en los agujeros (figura 2.101), otra vez, la desviación correspondiente al límite más cercano a la medida nominal.

A continuación se incluyen las tablas de posiciones de tolerancia para ejes (tabla 2.12) y para agujeros (tabla 2.13). Las tablas se dan considerando los 25 tramos o grupos de medidas nominales de la serie complementaria, ya que, al igual que las calidades, las posiciones de las tolerancias también se definen en función de la medida nominal, empleándose los mismos 13 grupos en la serie principal, y los mismos 25 grupos en la complementaria.

Nótese también, que para algunas posiciones, el valor de la desviación no sólo depende del diámetro nominal, sino también del índice de calidad (IT). Las posiciones js y JS han sido omitidas de las tablas, ya que tal y como se ha especificado anteriormente $d_s = IT/2$ y $d_i = -IT/2$.



Posiciones: k – m – n – p – r – s – t – u – v –
x – y – z – za – zb – zc

Posiciones: K – M – N – P – R – S – T – U – V –
X – Y – Z – ZA – ZB – ZC

Figura 2.101. Posiciones de ejes más grandes que la medida nominal (izquierda) y posiciones de agujeros pequeños más que la medida nominal (derecha)

Posición		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	
Calidad		Todas las calidades											
Desv. fundamental		Desviación superior ds (µm)											
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	- 270	- 140	- 60	- 34	- 20	- 14	- 10	- 6	- 4	- 2	0	
	3 < d ≤ 6	- 270	- 140	- 70	- 46	- 30	- 20	- 14	- 10	- 6	- 4	0	
	6 < d ≤ 10	- 280	- 150	- 80	- 56	- 40	- 25	- 18	- 13	- 8	- 5	0	
	10 < d ≤ 18	- 290	- 150	- 95	—	- 50	- 32	—	- 16	—	- 6	0	
	18 < d ≤ 30	- 300	- 160	- 110	—	- 65	- 40	—	- 20	—	- 7	0	
	30 < d ≤ 40	- 310	- 170	- 120	—	- 80	- 50	—	- 25	—	- 9	0	
	40 < d ≤ 50	- 320	- 180	- 130		—	- 100	- 60	—	- 30	—	- 10	0
	50 < d ≤ 65	- 340	- 190	- 140			—	- 120	- 72	—	- 36	—	- 12
	65 < d ≤ 80	- 360	- 200	- 150	—			- 145	- 85	—	- 43	—	- 14
	80 < d ≤ 100	- 380	- 220	- 170		—		- 170	- 100	—	- 50	—	- 15
	100 < d ≤ 120	- 410	- 240	- 180			—	- 190	- 110	—	- 56	—	- 17
	120 < d ≤ 140	- 460	- 260	- 200	—			- 210	- 125	—	- 65	—	- 18
	140 < d ≤ 160	- 520	- 280	- 210		—		- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	160 < d ≤ 180	- 580	- 310	- 230			—	- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	180 < d ≤ 200	- 660	- 340	- 240	—			- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	200 < d ≤ 225	- 740	- 380	- 260		—		- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	225 < d ≤ 250	- 820	- 420	- 280			—	- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	250 < d ≤ 280	- 920	- 480	- 300	—			- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	280 < d ≤ 315	- 1050	- 540	- 330		—		- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
	315 < d ≤ 355	- 1200	- 600	- 360			—	- 230	- 135	—	- 68	—	- 20
355 < d ≤ 400	- 1350	- 680	- 400	—	- 230			- 135	—	- 68	—	- 20	0
400 < d ≤ 450	- 1500	- 760	- 440		—	- 230		- 135	—	- 68	—	- 20	0
450 < d ≤ 500	- 1650	- 840	- 480			—	- 230	- 135	—	- 68	—	- 20	0

Tabla 2.12 Posiciones de tolerancia para ejes

Posición		j			k		m	n	p	R	s
Calidad		5, 6	7	8	4,5,6,7	resto	Todas las calidades				
Desv. fundamental		Desviación inferior di (μm)									
Grupos de medida nominal (mm)	d ≤ 3	- 2	- 4	- 6	+ 0	+ 0	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10	+ 14
	3 < d ≤ 6	- 2	- 4	—	+ 1	+ 0	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 19
	6 < d ≤ 10	- 2	- 5	—	+ 1	+ 0	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 23
	10 < d ≤ 18	- 3	- 6	—	+ 1	+ 0	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 28
	18 < d ≤ 30	- 4	- 8	—	+ 2	+ 0	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 35
	30 < d ≤ 50	- 5	- 10	—	+ 2	+ 0	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 43
	50 < d ≤ 65	- 7	- 12	—	+ 2	+ 0	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 53
	+ 43									+ 59	
	65 < d ≤ 80	- 9	- 15	—	+ 3	+ 0	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 71
	+ 54									+ 79	
	80 < d ≤ 100									+ 63	+ 92
	100 < d ≤ 120	- 11	- 18	—	+ 3	+ 0	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65	+ 100
	+ 68									+ 108	
	120 < d ≤ 140									+ 77	+ 122
	140 < d ≤ 160									- 13	- 21
	+ 84	+ 140									
	160 < d ≤ 180	+ 94	+ 158								
	180 < d ≤ 200	- 16	- 26	—	+ 4	+ 0	+ 20	+ 34	+ 56	+ 98	+ 170
	200 < d ≤ 225									+ 108	+ 190
	225 < d ≤ 250									+ 114	+ 208
250 < d ≤ 280	- 18	- 28	—	+ 4	+ 0	+ 21	+ 37	+ 62	+ 126	+ 232	
280 < d ≤ 315									+ 132	+ 252	
315 < d ≤ 355									- 20	- 32	—
355 < d ≤ 400											
400 < d ≤ 450											
450 < d ≤ 500											

Posición		t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Calidad		Todas las calidades								
Desv. fundamental		Desviación inferior di (μm)								
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	—	+ 18	—	+ 20	—	+ 26	+ 32	+ 40	+ 60
	3 < d ≤ 6	—	+ 23	—	+ 28	—	+ 35	+ 42	+ 50	+ 80
	6 < d ≤ 10	—	+ 28	—	+ 34	—	+ 42	+ 52	+ 67	+ 97
	10 < d ≤ 14				+ 40	—	+ 50	+ 64	+ 90	+ 130
	14 < d ≤ 18	—	+ 33	—	+ 45	—	+ 60	+ 77	+ 108	+ 150
	18 < d ≤ 24	—	+ 41	+ 47	+ 54	+ 63	+ 73	+ 98	+ 136	+ 188
	24 < d ≤ 30	+ 41	+ 48	+ 55	+ 64	+ 75	+ 88	+ 118	+ 160	+ 218
	30 < d ≤ 40	+ 48	+ 60	+ 68	+ 80	+ 94	+ 112	+ 148	+ 200	+ 274
	40 < d ≤ 50	+ 54	+ 70	+ 81	+ 97	+ 114	+ 136	+ 180	+ 242	+ 325
	50 < d ≤ 65	+ 66	+ 87	+ 102	+ 122	+ 144	+ 172	+ 226	+ 300	+ 405
	65 < d ≤ 80	+ 75	+ 102	+ 120	+ 146	+ 174	+ 210	+ 274	+ 360	+ 480
	80 < d ≤ 100	+ 91	+ 124	+ 146	+ 178	+ 214	+ 258	+ 335	+ 445	+ 585
	100 < d ≤ 120	+ 104	+ 144	+ 172	+ 210	+ 254	+ 310	+ 400	+ 525	+ 690
	120 < d ≤ 140	+ 122	+ 170	+ 202	+ 248	+ 300	+ 365	+ 470	+ 620	+ 800
	140 < d ≤ 160	+ 134	+ 190	+ 228	+ 280	+ 340	+ 415	+ 535	+ 700	+ 900
	160 < d ≤ 180	+ 146	+ 210	+ 252	+ 310	+ 380	+ 465	+ 600	+ 780	+ 1000
	180 < d ≤ 200	+ 166	+ 236	+ 284	+ 350	+ 425	+ 520	+ 670	+ 880	+ 1150
	200 < d ≤ 225	+ 180	+ 258	+ 310	+ 385	+ 470	+ 575	+ 740	+ 960	+ 1250
	225 < d ≤ 250	+ 196	+ 284	+ 340	+ 425	+ 520	+ 640	+ 820	+ 1050	+ 1350
	250 < d ≤ 280	+ 218	+ 315	+ 385	+ 475	+ 580	+ 710	+ 920	+ 1200	+ 1550
	280 < d ≤ 315	+ 240	+ 350	+ 425	+ 525	+ 650	+ 790	+ 1000	+ 1300	+ 1700
	315 < d ≤ 355	+ 268	+ 390	+ 475	+ 590	+ 730	+ 900	+ 1150	+ 1500	+ 1900
	355 < d ≤ 400	+ 294	+ 435	+ 530	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1300	+ 1650	+ 2100
	400 < d ≤ 450	+ 330	+ 490	+ 595	+ 740	+ 920	+ 1100	+ 1450	+ 1850	+ 2400
	450 < d ≤ 500	+ 360	+ 540	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1250	+ 1600	+ 2100	+ 2600

Tabla 2.12 Posiciones de tolerancia para ejes (continuación)

Posición		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H
Calidad		Todas las calidades										
Desv. fundamental		Desviación inferior D_i (μm)										
Grupos de medidas nominales (mm)	$d \leq 3$	+ 270	+ 140	+ 60	+ 34	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	+ 2	0
	$3 < d \leq 6$	+ 270	+ 140	+ 70	+ 46	+ 30	+ 20	+ 14	+ 10	+ 6	+ 4	0
	$6 < d \leq 10$	+ 280	+ 150	+ 80	+ 56	+ 40	+ 25	+ 18	+ 13	+ 8	+ 5	0
	$10 < d \leq 18$	+ 290	+ 150	+ 95	—	+ 50	+ 32	—	+ 16	—	+ 6	0
	$18 < d \leq 30$	+ 300	+ 160	+ 110	—	+ 65	+ 40	—	+ 20	—	+ 7	0
	$30 < d \leq 40$	+ 310	+ 170	+ 120	—	+ 80	+ 50	—	+ 25	—	+ 9	0
	$40 < d \leq 50$	+ 320	+ 180	+ 130	—	+ 80	+ 50	—	+ 25	—	+ 9	0
	$50 < d \leq 65$	+ 340	+ 190	+ 140	—	+ 100	+ 60	—	+ 30	—	+ 10	0
	$65 < d \leq 80$	+ 360	+ 200	+ 150	—	+ 100	+ 60	—	+ 30	—	+ 10	0
	$80 < d \leq 100$	+ 380	+ 220	+ 170	—	+ 120	+ 72	—	+ 36	—	+ 12	0
	$100 < d \leq 120$	+ 410	+ 240	+ 180	—	+ 120	+ 72	—	+ 36	—	+ 12	0
	$120 < d \leq 140$	+ 460	+ 260	+ 200	—	+ 145	+ 85	—	+ 43	—	+ 14	0
	$140 < d \leq 160$	+ 520	+ 280	+ 210	—	+ 145	+ 85	—	+ 43	—	+ 14	0
	$160 < d \leq 180$	+ 580	+ 310	+ 230	—	+ 145	+ 85	—	+ 43	—	+ 14	0
	$180 < d \leq 200$	+ 660	+ 340	+ 240	—	+ 170	+ 100	—	+ 50	—	+ 15	0
	$200 < d \leq 225$	+ 740	+ 380	+ 260	—	+ 170	+ 100	—	+ 50	—	+ 15	0
	$225 < d \leq 250$	+ 820	+ 420	+ 280	—	+ 190	+ 110	—	+ 56	—	+ 17	0
	$250 < d \leq 280$	+ 920	+ 480	+ 300	—	+ 190	+ 110	—	+ 56	—	+ 17	0
	$280 < d \leq 315$	+ 1050	+ 540	+ 330	—	+ 210	+ 125	—	+ 65	—	+ 18	0
	$315 < d \leq 355$	+ 1200	+ 600	+ 360	—	+ 210	+ 125	—	+ 65	—	+ 18	0
	$355 < d \leq 400$	+ 1350	+ 680	+ 400	—	+ 210	+ 125	—	+ 65	—	+ 18	0
	$400 < d \leq 450$	+ 1500	+ 760	+ 440	—	+ 230	+ 135	—	+ 68	—	+ 20	0
	$450 < d \leq 500$	+ 1650	+ 840	+ 480	—	+ 230	+ 135	—	+ 68	—	+ 20	0

Posición		J			K				M				
Calidad		6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	≥ 9
Desv. fundamental		Desviación superior D_s (μm)											
Grupos de medidas nominales (mm)	$d \leq 3$	+ 2	+ 4	+ 6	0	0	0	0	- 2	- 2	- 2	- 2	- 2
	$3 < d \leq 6$	+ 5	+ 6	+ 10	0	+ 2	+ 3	+ 5	- 3	- 1	0	+ 2	- 4
	$6 < d \leq 10$	+ 5	+ 8	+ 12	+ 1	+ 2	+ 5	+ 6	- 4	- 3	0	+ 1	- 6
	$10 < d \leq 18$	+ 6	+ 10	+ 15	+ 2	+ 2	+ 6	+ 8	- 4	- 4	0	+ 2	- 7
	$18 < d \leq 30$	+ 8	+ 12	+ 20	+ 1	+ 2	+ 6	+ 10	- 5	- 4	0	+ 4	- 8
	$30 < d \leq 50$	+ 10	+ 14	+ 24	+ 2	+ 3	+ 7	+ 12	- 5	- 4	0	+ 5	- 9
	$50 < d \leq 80$	+ 13	+ 18	+ 28	+ 3	+ 4	+ 9	+ 14	- 6	- 5	0	+ 5	- 11
	$80 < d \leq 120$	+ 16	+ 22	+ 34	+ 2	+ 4	+ 10	+ 16	- 8	- 6	0	+ 6	- 13
	$120 < d \leq 180$	+ 18	+ 26	+ 41	+ 3	+ 4	+ 12	+ 20	- 9	- 8	0	+ 8	- 15
	$180 < d \leq 250$	+ 22	+ 30	+ 47	+ 2	+ 5	+ 13	+ 22	- 11	- 8	0	+ 9	- 17
	$250 < d \leq 315$	+ 25	+ 36	+ 55	+ 3	+ 5	+ 16	+ 25	- 13	- 9	0	+ 9	- 20
	$315 < d \leq 400$	+ 29	+ 39	+ 60	+ 3	+ 7	+ 17	+ 28	- 14	- 10	0	+ 11	- 21
	$400 < d \leq 450$	+ 33	+ 43	+ 66	+ 2	+ 8	+ 18	+ 29	- 16	- 10	0	+ 11	- 23

Tabla 2.13 Posiciones de tolerancia para agujeros (continuación)

Posición		N					P				R			
Calidad		5	6	7	8	≥ 9	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8
Desv. fundamental		Desviación superior Ds (μm)												
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6	-10	-10	-10	-10
	3 < d ≤ 6	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12	-14	-12	-11	-15
	6 < d ≤ 10	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15	-17	-16	-13	-19
	10 < d ≤ 18	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18	-20	-20	-16	-23
	18 < d ≤ 30	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22	-25	-24	-20	-28
	30 < d ≤ 50	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26	-30	-29	-25	-34
	50 < d ≤ 65	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32	-36	-35	-30	-41
	65 < d ≤ 80										-38	-37	-32	-43
	80 < d ≤ 100	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	-46	-44	-38	-51
	100 < d ≤ 120										-49	-47	-41	-54
	120 < d ≤ 140	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	-57	-56	-48	-63
	140 < d ≤ 160										-59	-58	-50	-65
	160 < d ≤ 180										-62	-61	-53	-68
	180 < d ≤ 200										-71	-68	-60	-77
	200 < d ≤ 225	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	-74	-71	-63	-80
	225 < d ≤ 250										-78	-75	-67	-84
	250 < d ≤ 280	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	-87	-85	-74	-94
	280 < d ≤ 315										-91	-89	-78	-98
	315 < d ≤ 355										-101	-97	-87	-108
	355 < d ≤ 400										-107	-103	-93	-114
	400 < d ≤ 450	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	-119	-113	-103	-126
	450 < d ≤ 500										-125	-119	-109	-132

Posición		S				T				U			
Calidad		5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8
Desv. fundamental		Desviación superior Ds (μm)											
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	-14	-14	-14	-14	—	—	—	—	-18	-18	-18	-18
	3 < d ≤ 6	-18	-16	-15	-19	—	—	—	—	-22	-20	-19	-23
	6 < d ≤ 10	-21	-20	-17	-23	—	—	—	—	-26	-25	-22	-28
	10 < d ≤ 18	-25	-25	-21	-28	—	—	—	—	-30	-30	-26	-33
	18 < d ≤ 24	-32	-31	-27	-35	—	—	—	—	-38	-37	-33	-41
	24 < d ≤ 30					-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48
	30 < d ≤ 40	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60
	40 < d ≤ 50					-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70
	50 < d ≤ 65	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87
	65 < d ≤ 80	-54	-53	-48	-59	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102
	80 < d ≤ 100	-66	-64	-58	-71	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124
	100 < d ≤ 120	-74	-72	-66	-79	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144
	120 < d ≤ 140	-86	-85	-77	-92	-116	-115	-107	-122	-164	-163	-155	-170
	140 < d ≤ 160	-94	-93	-85	-100	-128	-127	-119	-134	-184	-183	-175	-190
	160 < d ≤ 180	-102	-101	-93	-108	-140	-139	-131	-146	-204	-203	-195	-210
	180 < d ≤ 200	-116	-113	-105	-122	-160	-157	-149	-166	-230	-227	-219	-236
	200 < d ≤ 225	-124	-121	-113	-130	-174	-171	-163	-180	-252	-249	-241	-258
	225 < d ≤ 250	-134	-131	-123	-140	-190	-187	-179	-196	-278	-275	-267	-284
	250 < d ≤ 280	-151	-149	-138	-158	-211	-209	-198	-218	-308	-306	-295	-315
	280 < d ≤ 315	-163	-161	-150	-170	-233	-231	-220	-240	-343	-341	-330	-350
	315 < d ≤ 355	-183	-179	-169	-190	-261	-257	-247	-268	-383	-379	-369	-390
	355 < d ≤ 400	-201	-197	-187	-208	-287	-283	-273	-294	-428	-424	-414	-435
	400 < d ≤ 450	-225	-219	-209	-232	-323	-317	-307	-330	-483	-477	-467	-490
	450 < d ≤ 500	-245	-239	-229	-252	-353	-347	-337	-360	-533	-527	-517	-540

Tabla 2.13 Posiciones de tolerancia para agujeros (continuación)

Posición		V				X				Y		
Calidad		5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8
Desv. fundamental		Desviación superior Ds (μm)										
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	—	—	—	—	- 20	- 20	- 20	- 20	—	—	—
	3 < d ≤ 6	—	—	—	—	- 27	- 25	- 24	- 28	—	—	—
	6 < d ≤ 10	—	—	—	—	- 32	- 31	- 28	- 34	—	—	—
	10 < d ≤ 14	—	—	—	—	- 37	- 37	- 33	- 40	—	—	—
	14 < d ≤ 18	- 36	- 36	- 32	- 39	- 42	- 42	- 38	- 45	—	—	—
	18 < d ≤ 24	- 44	- 43	- 39	- 47	- 51	- 50	- 46	- 54	- 59	- 55	- 63
	24 < d ≤ 30	- 52	- 51	- 47	- 55	- 61	- 60	- 56	- 64	- 71	- 67	- 75
	30 < d ≤ 40	- 64	- 63	- 59	- 68	- 76	- 75	- 71	- 80	- 89	- 85	- 94
	40 < d ≤ 50	- 77	- 76	- 72	- 81	- 93	- 92	- 88	- 97	- 109	- 105	- 114
	50 < d ≤ 65	- 97	- 96	- 91	- 102	- 117	- 116	- 111	- 122	- 138	- 133	- 144
	65 < d ≤ 80	- 115	- 114	- 109	- 120	- 141	- 140	- 135	- 146	- 168	- 163	- 174
	80 < d ≤ 100	- 141	- 139	- 133	- 146	- 173	- 171	- 165	- 178	- 207	- 201	- 214
	100 < d ≤ 120	- 167	- 165	- 159	- 172	- 205	- 203	- 197	- 210	- 247	- 241	- 254
	120 < d ≤ 140	- 196	- 195	- 187	- 202	- 242	- 241	- 233	- 248	- 293	- 285	- 300
	140 < d ≤ 160	- 222	- 221	- 213	- 228	- 274	- 273	- 265	- 280	- 333	- 325	- 340
	160 < d ≤ 180	- 246	- 245	- 237	- 252	- 304	- 303	- 295	- 310	- 373	- 365	- 380
	180 < d ≤ 200	- 278	- 275	- 267	- 284	- 344	- 341	- 333	- 350	- 416	- 408	- 425
	200 < d ≤ 225	- 304	- 301	- 293	- 310	- 379	- 376	- 368	- 385	- 461	- 453	- 470
	225 < d ≤ 250	- 334	- 331	- 323	- 340	- 419	- 416	- 408	- 425	- 511	- 503	- 520
	250 < d ≤ 280	- 378	- 376	- 365	- 385	- 468	- 466	- 455	- 475	- 571	- 560	- 580
	280 < d ≤ 315	- 418	- 416	- 405	- 425	- 518	- 516	- 505	- 525	- 641	- 630	- 650
	315 < d ≤ 355	- 468	- 464	- 454	- 475	- 583	- 579	- 569	- 590	- 719	- 709	- 730
	355 < d ≤ 400	- 523	- 519	- 509	- 530	- 653	- 649	- 639	- 660	- 809	- 799	- 820
	400 < d ≤ 450	- 588	- 582	- 572	- 595	- 733	- 727	- 717	- 740	- 907	- 897	- 920
	450 < d ≤ 500	- 653	- 647	- 637	- 660	- 813	- 807	- 797	- 820	- 987	- 977	- 1000

Posición		Z			ZA		ZB	ZC
Calidad		6	7	≥ 8	7	≥ 8	≥ 8	≥ 8
Desv. fundamental		Desviación superior Ds (μm)						
Grupos de medidas nominales (mm)	d ≤ 3	- 26	- 26	- 26	- 32	- 32	- 40	- 60
	3 < d ≤ 6	- 32	- 31	- 35	- 38	- 42	- 50	- 80
	6 < d ≤ 10	- 39	- 36	- 42	- 46	- 52	- 67	- 97
	10 < d ≤ 14	- 47	- 43	- 50	- 57	- 64	- 90	- 130
	14 < d ≤ 18	- 57	- 53	- 60	- 70	- 77	- 108	- 150
	18 < d ≤ 24	- 69	- 65	- 73	- 90	- 98	- 136	- 188
	24 < d ≤ 30	- 84	- 80	- 88	- 110	- 118	- 160	- 218
	30 < d ≤ 40	- 107	- 103	- 112	- 139	- 148	- 200	- 274
	40 < d ≤ 50	- 131	- 127	- 136	- 171	- 180	- 242	- 325
	50 < d ≤ 65	- 166	- 161	- 172	- 215	- 226	- 300	- 405
	65 < d ≤ 80	- 204	- 199	- 210	- 263	- 274	- 360	- 480
	80 < d ≤ 100	- 251	- 245	- 258	- 322	- 335	- 445	- 585
	100 < d ≤ 120	- 303	- 297	- 310	- 387	- 400	- 525	- 690
	120 < d ≤ 140	- 358	- 350	- 365	- 455	- 470	- 620	- 800
	140 < d ≤ 160	- 408	- 400	- 415	- 520	- 535	- 700	- 900
	160 < d ≤ 180	- 458	- 450	- 465	- 585	- 600	- 780	- 1000
	180 < d ≤ 200	- 511	- 503	- 520	- 653	- 670	- 880	- 1150
	200 < d ≤ 225	- 566	- 558	- 575	- 723	- 740	- 960	- 1250
	225 < d ≤ 250	- 631	- 623	- 640	- 803	- 820	- 1050	- 1350
	250 < d ≤ 280	- 701	- 690	- 710	- 900	- 920	- 1200	- 1550
	280 < d ≤ 315	- 781	- 770	- 790	- 980	- 1000	- 1300	- 1700
	315 < d ≤ 355	- 889	- 879	- 900	- 1129	- 1150	- 1500	- 1900
	355 < d ≤ 400	- 989	- 979	- 1000	- 1279	- 1300	- 1650	- 2100
	400 < d ≤ 450	- 1087	- 1077	- 1100	- 1427	- 1450	- 1850	- 2400
	450 < d ≤ 500	- 1237	- 1227	- 1250	- 1577	- 1600	- 2100	- 2600

Tabla 2.13 Posiciones de tolerancia para agujeros (continuación)

2.5.7 Tolerancias preferentes

El conjunto de todas las combinaciones de las 18 calidades y las 28 posiciones de la zona de tolerancia para cada dimensión nominal conduce a un elevado número de posibilidades, y en consecuencia, a la necesidad de un gran número de utensilios de fabricación y calibres de verificación, que complican los procesos. Con el fin de simplificar los procesos de fabricación y control de las piezas, se recomienda limitar las combinaciones posibles a unas pocas, denominadas *tolerancias preferentes*.

Tanto las normas ISO como las normas ASME recomiendan tolerancias preferentes. En el caso de la norma UNE-EN-ISO 20286-2:1996 (ISO 286-2:1988) se detalla un conjunto de tolerancias para agujeros de hasta 500 mm (tabla 2.14) y otro conjunto para agujeros mayores (tabla 2.15). Lo mismo ocurre para ejes de hasta 500 mm (tabla 2.16) y para ejes mayores (tabla 2.17). Aunque estas tolerancias no son «recomendadas» ni «preferentes» en sentido literal, está claro el interés de la norma en fomentarlas, aportando tablas que simplifican su utilización. Además, esta norma remite a la norma ISO 1829:1975 para indicar de manera precisa un conjunto más pequeño de tolerancias preferentes (tabla 2.18).

	A	B	C	C D	D	E	E F	F	F G	G	H	J S	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Z A	Z B	Z C
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												

Tabla 2.14 Tolerancias ISO para agujeros de medidas nominales inferiores o iguales a 500 mm

	A	B	C	C D	D	E	E F	F	F G	G	H	J S	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Z A	Z B	Z C
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												

Tabla 2.15 Tolerancias ISO para agujeros de medidas nominales superiores a 500 mm e inferiores o iguales a 3150 mm. Las tolerancias en gris claro se proponen para uso experimental

Por su parte, la norma ANSI B4.2-1978 no distingue en función de la medida nominal, pero sí que considera tolerancias de primera, de segunda y de tercera opción, tanto para agujeros (tabla 2.19) como para ejes (tabla 2.20).

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7							G7	H7			K7		N7	P7		S7		U7				
8						F8		H8														
9				D9				H9														
10																						
11			C11					H11														
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						

Tabla 2.19 Tolerancias preferentes ANSI para agujeros, con indicación de primera opción según preferencias de ANSI B4.2 (rótulo), segunda opción según la selección de ISO 1829 (gris oscuro) y tercera opción (gris claro)

	a	b	c	d	e	f	g	h	j	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6							g6	h6			k6		n6	p6		s6		u6				
7						f7		h7														
8																						
9				d9				h9														
10																						
11			c11					h11														
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						

Tabla 2.20 Tolerancias preferentes ANSI para ejes, con indicación de primera opción según preferencias de ANSI B4.2 (rótulo), segunda opción según la selección de ISO 1829 (gris oscuro) y tercera opción (gris claro)

2.6 AJUSTES

2.6.1 Concepto de ajuste

Un ajuste es la indicación del modo en que ensamblan dos piezas, una hueca y otra maciza, de la misma medida nominal. Controlar los ajustes es importante en algunos casos, porque el modo de ensamblar puede constituir una condición funcional; ya que dependiendo de que se produzca un hueco o una interferencia, el ajuste será móvil o fijo. Además, se pueden obtener diferentes grados de inmovilidad o movilidad.

Cuando la medida nominal de ambas piezas no es la misma, el control del tipo de unión no se denomina ajuste, y se realiza directamente mediante las respectivas dimensiones nominales. Por el contrario, cuando la medida nominal de ambas piezas es la misma, el ajuste, es decir, el hueco o interferencia entre ambas, viene definido por la combinación de sus respectivas tolerancias.

En otras palabras, especificar un ajuste consiste en asignar tolerancias coordinadas a las medidas de ambas piezas, de forma que se asegure el comportamiento deseado del ensamblaje.

2.6.2 Tipos de ajuste

Entre dos piezas reales que deben encajar (maciza y hueca), y que están fabricadas a partir de la misma medida nominal, siempre habrá un pequeño error de medida que dará lugar a dos situaciones diferentes (representadas, *exagerando* el pequeño error, en la figura 2.102):

- La medida del elemento hueco es mayor que la del elemento macizo. En este caso se dice que existe holgura entre las piezas y por tanto la unión es móvil. Se define el *juego* entre las piezas como la diferencia entre la medida real o «efectiva» del elemento hueco y la medida real o «efectiva» del elemento macizo.
- La medida del elemento hueco es menor o igual que la del elemento macizo. En este caso el encaje de las piezas debe ser forzado y la unión es fija. Se define el *apriete* como la diferencia entre la medida del elemento macizo y la medida del elemento hueco.
-

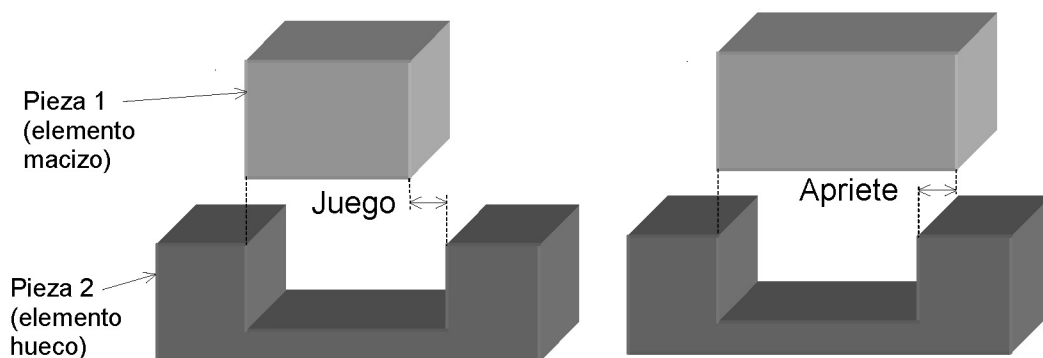


Figura 2.102. Ajuste con juego (izquierda) y con apriete (derecha)

Debemos aclarar que tanto por tradición, como para que el problema sea unidimensional y no haya confusiones sobre la dimensión que es objeto de ajuste, la pieza maciza se suele denominar *eje* y la pieza hueca *agujero*. En lo que sigue, utilizaremos indistintamente ambas denominaciones.

En realidad, hasta que las piezas reales ya están fabricadas y se comparan sus respectivas dimensiones *efectivas* no se puede determinar cuál de las dos condiciones se cumple (juego o apriete). Por el contrario, cuando se pretende analizar el comportamiento antes de fabricar las piezas, las situa-

ciones posibles dependen de los diferentes valores concretos que cada una de las piezas puede llegar a tomar cuando se fabrique. Para analizar las posibles combinaciones de valores reales existen técnicas modernas muy sofisticadas basadas en estudios de probabilidad; pero quedan fuera del alcance de este texto. No obstante, podemos aplicar una metodología sencilla basada en combinar los casos límite de medida mínima y máxima para el elemento macizo, con medida mínima y máxima para el elemento hueco. Entonces, resulta que pueden ocurrir tres situaciones límite o *clases de ajustes*:

- *Ajuste móvil*. Cualquier combinación de piezas fabricadas con las tolerancias del ajuste asegura una unión móvil, es decir, cualquier medida del agujero de las que están dentro de su tolerancia será siempre mayor que cualquier medida de eje de las que están dentro de su tolerancia. Esta situación se produce cuando la medida máxima del eje es menor que la medida mínima del agujero.
- *Ajuste fijo*. Cualquier combinación de piezas fabricadas con las tolerancias del ajuste asegura una unión fija, es decir, cualquier medida del agujero que esté dentro de su tolerancia será siempre menor que cualquier medida de eje que esté dentro de su tolerancia (medida mínima del eje mayor que medida máxima del agujero).
- *Ajuste indeterminado*. Pueden existir combinaciones de piezas que cumplan sus tolerancias individuales, pero que den lugar tanto a uniones fijas como a uniones móviles. Desde el punto de vista de la funcionalidad del ajuste este tipo de ajuste no asegura ningún comportamiento claro de unión móvil o fija.

2.6.3 Parámetros de los ajustes

Para que el diseñador especifique las características del ajuste es conveniente introducir unos *parámetros del ajuste*. Además, estos parámetros sirven para calcular las tolerancias apropiadas para conseguir el tipo de ajuste deseado en cada caso. Los parámetros siguen el criterio de utilizar letras minúsculas para el elemento macizo y letras mayúsculas para el elemento hueco. También se utiliza la letra *m* para mínimo y *M* para máximo. Los parámetros son distintos para cada uno de los tipos de ajustes, por lo que los vamos a definir por separado (tabla 2.21).

2.6.4 Sistemas de ajuste

Si para una misma dimensión nominal se tienen en cuenta todas las posibles combinaciones de posiciones de la zona de tolerancia, tanto para la pieza maciza como para la hueca, se observa rápidamente la excesiva variedad de ajustes posibles. Ya hemos visto que las normas simplifican definiendo tolerancias preferentes. Las mismas normas extienden el concepto de tolerancia preferente para definir los ajustes preferentes.

El concepto básico para definir ajustes preferentes consiste en fijar la posición de la tolerancia de uno de los dos elementos para que uno de sus límites coincida con la medida nominal. Es lo que el sistema ISO define como el sistema de agujero base (o agujero único) y el sistema de eje base (o eje único):

- El *sistema de agujero base* consiste en utilizar como «base» para la definición de los ajustes un agujero cuya desviación inferior es nula, es decir, con posición *H* para la zona de tolerancia, para cualquier calidad.
- El *sistema de eje base* consiste en utilizar como «base» para la definición de los ajustes un eje o pieza maciza cuya desviación superior es nula, es decir, con posición *h* para la zona de tolerancia.

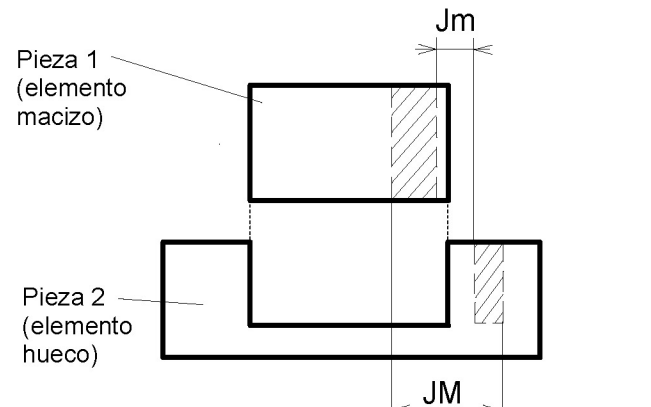
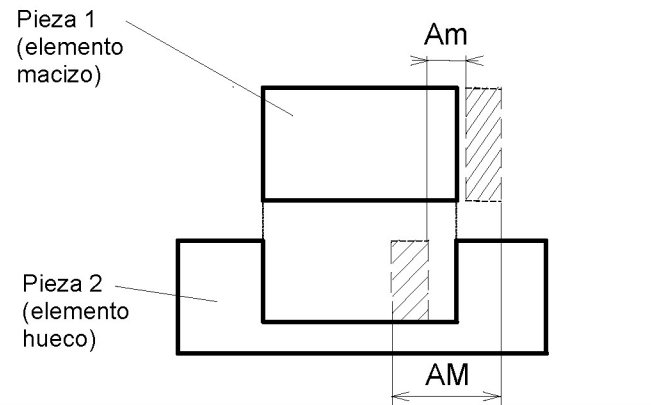
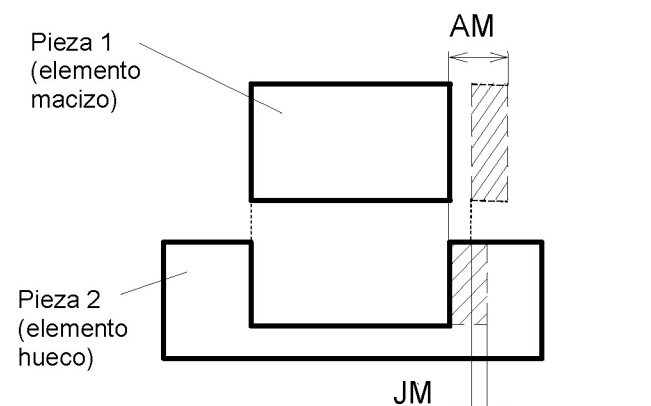
<p>Juego:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Juego mínimo (J_m): diferencia entre la medida efectiva mínima del agujero y la máxima del eje. • Juego máximo (J_M): diferencia entre la medida efectiva máxima del agujero y la mínima del eje. • Tolerancia del juego (TJ): diferencia entre el juego máximo y el mínimo $TJ = J_M - J_m = T + t$ 	 <p>Pieza 1 (elemento macizo)</p> <p>Pieza 2 (elemento hueco)</p>
<p>Apriete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apriete mínimo (A_m): diferencia entre la medida mínima del eje y la máxima del agujero. • Apriete máximo (A_M): diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero. • Tolerancia del apriete (TA): diferencia entre el apriete máximo y el mínimo $TA = A_M - A_m = T + t$ 	 <p>Pieza 1 (elemento macizo)</p> <p>Pieza 2 (elemento hueco)</p>
<p>Indeterminado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Juego máximo (J_M): diferencia entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje. • Apriete máximo (A_M): diferencia entre la medida máxima del eje y la mínima del agujero. • Tolerancia del ajuste indeterminado (TJ): suma del juego máximo y el apriete máximo $TJ = J_M + A_M = T + t$ 	 <p>Pieza 1 (elemento macizo)</p> <p>Pieza 2 (elemento hueco)</p>

Tabla 2.21 Parámetros de los ajustes, para las tres clases de ajuste

La norma ISO 1829:1975 recomienda elegir preferentemente el sistema de agujero base; argumentando que resulta más fácil modificar tolerancias en la fabricación de un eje, por tratarse de una superficie exterior. Sólo se recomienda el sistema de eje base cuando aporta ventajas económicas incuestionables; por ejemplo, cuando la pieza «hueca» es una pieza normalizada, o un mismo eje debe tener ajustes diferentes con piezas distintas.

Después de elegir el agujero o el eje base, la norma ISO 1829:1975 recomienda elegir la otra tolerancia de entre las tolerancias preferentes. No obstante, una persona no experta no puede anticipar el comportamiento de un ajuste por el mero hecho de elegir un sistema y una tolerancia preferente. Por lo tanto, la mejor forma de elegir un ajuste es utilizar alguna de las múltiples recomendaciones propuestas por diferentes expertos en forma de criterios de elección de ajustes a partir de requisitos de diseño.

2.6.5 Elección de un ajuste

El primer paso para determinar un ajuste es decidir qué tipo de unión debe existir entre ambas piezas (fija o móvil), y cuál es la magnitud de los parámetros que la definen (apriete máximo y mínimo o juego máximo y mínimo), de forma que se garantice que el ensamblaje pueda realizar la función a la que está destinado.

Si el ajuste deseado no es muy crítico, y si además se trata de un tipo de ajuste habitual, lo normal es que se pueda encontrar una solución en alguna de las múltiples tablas de ajustes recomendados publicadas por diferentes autores. Un ejemplo de tales recomendaciones lo tenemos en la figura 2.103 para ajustes en sistema de agujero base, y en la figura 2.104 para ajustes en sistema de eje base.

Generalmente, y tal y como se ha indicado antes, es preferible el sistema de agujero base. Por la misma razón se suele seleccionar un índice de calidad menor (es decir, mayor precisión) o igual para el eje que para el agujero; por ejemplo H7/n6, o H7/n7.

El procedimiento de selección consiste en buscar un ajuste recomendado con un comportamiento igual o semejante al deseado, y que sea, además, apropiado para una aplicación igual o semejante a la propuesta. Evidentemente, los criterios para determinar cuándo dos soluciones son semejantes están basados en la experiencia. Y también debe ser la experiencia la que ayude a decidir entre una solución excesivamente precisa (y, por lo tanto más cara) y otra con tan poca precisión que puede llegar a poner en peligro la funcionalidad requerida.

2.6.6 Cálculo de un ajuste

Cuando se debe seleccionar un ajuste que no coincide con ningún ajuste recomendado, o cuando se desea controlar con mayor precisión alguna de las características del ajuste, se debe seguir un procedimiento más laborioso. Se comienza por fijar los parámetros del ajuste que son conocidos. A continuación se obtienen los parámetros de cada una de las dos tolerancias. Por último, los valores obtenidos se modifican mediante tanteos hasta hacerlos coincidir con alguna tolerancia normalizada en el sistema ISO, y se recalcula para comprobar la validez del resultado obtenido.

El problema no suele tener solución única, por lo que el cálculo de las tolerancias de ambas piezas a partir de los parámetros del ajuste se debe hacer asegurando la funcionalidad con la mínima precisión requerida, y por lo tanto con el mínimo coste.

El planteamiento más habitual del problema consiste en especificar el comportamiento esperado del ajuste indicando si se desea un juego, un apriete o un ajuste indeterminado. Luego se deben especificar los valores máximo y mínimo del ajuste: se debe indicar el juego máximo (JM) y el juego mínimo (Jm) en el caso de un juego; el apriete máximo (AM) y el apriete mínimo (Am) en el caso de un apriete, y el juego máximo (JM) y el apriete máximo (AM) en el caso de un ajuste indeterminado.

A partir de estos parámetros se pueden determinar los índices de calidad de las dos tolerancias. En efecto, la norma ISO 1829-1975 indica que las tolerancias elegidas deben ser las mayores que sean compatibles con las condiciones impuestas. Además, indica que la tolerancia del eje (t) debe ser más estrecha que la del agujero (T). En consecuencia, el ajuste debe cumplir una de las tres condiciones indicadas en la tabla 2.22. Para entender las condiciones de dicha tabla, y para plantear la formulación analítica de cada problema, es muy conveniente hacer un esquema gráfico del tipo de ajuste; ya que los parámetros se toman en valor absoluto y las fórmulas que los relacionan varían para cada tipo de ajuste. Por ejemplo, en la figura de la parte superior de la tabla 2.22 se muestra el esquema de un problema de ajuste con juego: en la parte izquierda de la figura se muestran las cotas que definen la relación de los parámetros del ajuste con las calidades de las tolerancias (la cual se formula analíticamente en la casilla de la izquierda en la tabla 2.22). En la parte derecha de

COMPORTAMIENTO DE LA UNIÓN	REPRESENTACIÓN DEL AJUSTE (Medida nominal entre 0 y 3 mm)	APLICACIONES
1 Con juego, movimiento holgado 2 Libre expansivo, juego abundante 3 Gran juego	d9 H9 N1, 2, 5	1 Juegos comerciales sobre miembros externos 2 Pernos para levantas en aplicaciones en maquina agrícola. 3 Sin exigencia de precisión 4 No emplear donde la exactitud es esencial. 5 Para velocidades y grandes presiones de trabajo 6 Alineación deficiente, longitudes muy largas
1 Con juego, movimiento libre	d9 H8 N1, 2	1 Acoplamiento rodante muy veloz, con centrado imperfecto y cargas bajas
1 Con juego, movimiento cerrado 2 Libre normal	d9 H7 5	1 Acoplamiento rodante muy veloz, con centrado imperfecto y cargas bajas
5 Juego fuerte	d9 H7 5	6 Piezas que giran o deslizan
5 Juego ligero	e8 H7 5, 6	2 Acoplamiento rodante muy veloz, con centrado imperfecto y cargas bajas
2 Libre normal	f7 H7 2, 3, 4, 5, 6	3 Cárpetes, ruedas dentadas, cajas de cambio
3 Mediana holgado	f6 H7 2	4 Ajustes giratorios con cargas bajas
4 Libre a mano	g6 H7 N1, 2, 3, 4, 5, 6	2 Acoplamiento rodante muy veloz, con centrado imperfecto y cargas bajas
2 Libre normal	h6 H7 N1, 2, 3, 4, 5, 6	1 Movimientos y giros libres con posicionamiento exacto 2 Acoplamiento rodante a baja velocidad, con buen centrado y precisión de guía 3 Engranajes, piezas importantes de maquinas herramienta 4 Cargas de menor precisión 5 Montaje y centrado de alta precisión
1 Deslizante	j6 H7 3, 5	3 Montaje a mano. Piezas a desmontar con frecuencia
2 Libre estrecho	js6 H7 6	
1 Juego de posición	k6 H7 N1, 3, 5, 6	1 Posicionamientos exactos 3 Montaje a martillo. Seguro giro y deslaminado
2 Deslizamiento	lm6 H7 2, 5	2 Acoplamiento de precisión. Montaje a mano con mazo
3 Deslizante		
3 Forzado ligero		
5 Entrada suave		
6 Colocación a mano		
1 Posición con transición		
3 Forzado medio		
5 De adherencia		
2 Apriete normal a presión		
5 De arrastre		
1 Posición con transición		
2 Forzado apretado		
3 Forzado duro		
1 Posición con interferencia		
6 Colocación con mazo		
2 Forzado a presión		
3 Presionado		
4 Forzado a presión		
5 A presión		
6 Colocación con mazo, con prensa o dilatación		
1 Forzado a presión		
2 Forzado en caliente		
3 Presionado		
1 Forzado		
4 Forzado con prensa		

Figura 2.103 Ajustes recomendados para diferentes tipos de aplicaciones, para el sistema de agujero base

REFERENCIAS:

- (N) The American Society of Mechanical Engineers: Preferred Metric Limits and Fits, ANSI B4.2 13/39 1978. Reafirmada 2004
 (1) Bartolomé G.R.: Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica. McGraw-Hill, México, 1999, pp. 702-703.
 (2) Chirone L., Tornikosa S.: Diseño técnico industrial 2. Il capitolo. Torino, 1997, pp.356-357.
 (3) Leiceaga X.: Normas de dibujo técnico: tolerancias dimensionales y ajustes: Ed Donostia, 1986, pp. 38-39, y Fdez J., Martínez M.L.: Dibujo Industrial Editorial Síntesis, Madrid 1999, pp. 183-184.
 (4) Mata I., Oms J., Alvarez C.: Técnicas de Expresión Gráfica 2.2. Rama Metal. Don Bosco, Barcelona, 1978, pag. 63.
 (5) Casillas A.L.: Maquinas. Ediciones Maquinas Madrid 1972. pp. 530-531.
 (6) Documentación interna Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, Opto. ESD. Universitat Jaume I (Castellón).

COMPORTAMIENTO DE LA UNIÓN	REPRESENTACIÓN DEL AJUSTE (Medida nominal entre 0 y 3 mm)		APLICACIONES	
1 Con juego, movimiento holgado 6 Gran juego	h11	H9	C11	1 Juegos comerciales sobre miembros externos 6 Alineación defectuosa, longitudes muy largas
1 Con juego, movimiento libre				1 No emplear donde la exactitud es esencial. Bajas velocidades y grandes presiones de trabajo.
1 Con juego, movimiento cerrado 6 Con giro y deslizamiento				1 Montaje de precisión y de posición exacta 6 Casos normales de piezas que giran o deslizan
5 Juego fuerte				
5 Juego ligero				
3 Mediano holgado 4 Libre normal				3 Cojinetes, ruedas dentadas, cajas de cambio 4 Ajustes giratorios con relativa movilidad
5 Juego libre				
1 Deslizante 3 Gratorio 5 Libre justo				1 Movimientos y giros libres con posicionamiento exacto 3 Engranes, bridas, anillos y Tolomanitos 6 Guía precisa, giro despacio
1 Juego de posición 4 Deslizamiento a mano 5 Deslizamiento 6 Colocación a mazo				1 Ajuste con juego de posición para posicionar piezas estacionarias con montaje y desmontaje fácil 3 Engranes, piezas importantes de máquinas herramienta 4 Cargas de menor precisión 6 Transmisión de poco esfuerzo
3 Deslizante				
3 Forzado ligero 5 Entrada suave				3 Montaje a mano. Piezas a desmontar con frecuencia
6 Colocación a mano				6 No transmitir esfuerzo notable, desmontaje sin deterioro
1 Posición con transición 3 Forzado medio 5 De adherencia				1 Posicionamientos exactos 3 Montaje a martillo. Seguro giro y deslizamiento
5 De orrasire				
1 Posición con transición 3 Forzado duro 5 con martillo o mazo de plano				1 Posicionamiento de gran exactitud 3 Montaje difícil. Casquillos y marguitos sobre ejes
6 Colocación con mazo				
3 Presado				
1 Forzado medio 3 Presado				
1 Forzado				

Figura 2.104 Ajustes recomendados para diferentes tipos de aplicaciones, para el sistema de eje base

la figura se muestran las desviaciones, cuya relación con los parámetros del ajuste se utiliza para determinar las posiciones de las dos tolerancias.

La búsqueda de la solución comienza asignando una relación aproximada entre las calidades de ambas tolerancias (por ejemplo $t=T$; o $t=0,8 \cdot T$, eligiendo $t < T$, como consecuencia de asumir que los ejes pueden tener tolerancias más estrictas). Entonces se obtienen valores iniciales para ambas calidades (t y T). Para convertir las calidades obtenidas en normalizadas, hay que ajustar sus valores a valores de la tabla 2.11 de índices de calidad. El problema es que suele ser imposible encontrar exactamente los valores solicitados. Por lo tanto, se tiene que utilizar algún criterio de tanteo para obtener soluciones aceptables. Un criterio para ajustar es buscar el IT más cercano para la medida nominal de la dimensión cuyo ajuste estamos calculando (redondear al más cercano). Otro criterio es buscar un IT más «seguro», es decir, que garantice unas condiciones funcionales iguales o mejores que las pedidas. El procedimiento exacto de tanteo depende de los valores de cada caso y de cuál sea el criterio crítico que hay que asegurar (no superar el juego máximo, no reducir el juego mínimo, etc.). Y se debe tener presente que en algunos casos se llegará a problemas sin solución normalizada, o con una solución mucho más cara que la original.

<p>Juego</p> <p>$JM - Jm \geq t + T$</p>	
<p>Apriete</p> <p>$AM - Am \geq t + T$</p>	
<p>Indeterminado</p> <p>$JM + AM \geq t + T$</p>	

Tabla 2.22 Relación entre los parámetros del ajuste y las calidades de las tolerancias

Las figuras que ilustran las fórmulas de la tabla 2.22 son casos particulares. Pero, se puede comprobar que las fórmulas que relacionan los parámetros del ajuste con las tolerancias son las mismas en todos los casos. En efecto, en las situaciones de juego y apriete se ha representado el caso parti-

cular de que la línea de cero está intercalada entre ambas tolerancias, pero esto no supone ninguna limitación porque las relaciones entre los parámetros del ajuste y las tolerancias no dependen de la línea de cero. En la situación de ajuste indeterminado, la figura de la tabla 2.22 no sólo es un caso particular por la posición de la línea de cero; además, el tamaño y la posición relativa entre las tolerancias del eje y del agujero pueden dar lugar a un máximo de cinco casos particulares sin tener en cuenta la posición de la línea de cero, tal como se muestra en la figura 2.105. En la figura 2.106 se muestran las nueve posiciones particulares que puede tener la línea de cero, para el caso de tolerancia del eje sobresaliendo por debajo de la tolerancia del agujero (caso 1). Lo mismo ocurre en los casos 2, 4 y 5, mientras que para el caso 3 se encuentran otros cinco con lo que podemos encontrarnos con 41 casos distintos si se tiene en cuenta la posición de la línea de cero.

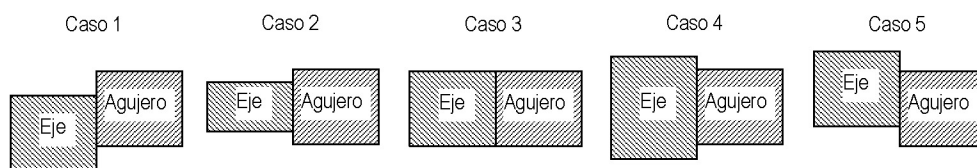


Figura 2.105 Casos particulares de ajuste indeterminado, cuando la línea de cero está intercalada entre ambas tolerancias

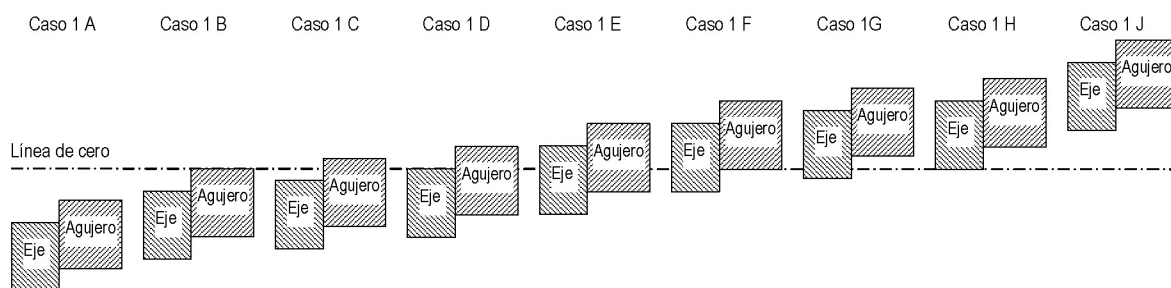


Figura 2.106 Posiciones relativas de la línea de cero para ajuste indeterminado con tolerancia del eje sobresaliendo por debajo de la tolerancia del agujero

Discriminar estos casos particulares es importante, porque una vez determinadas las tolerancias (t y T), se deben determinar las posiciones. Para ello se necesita un dato nuevo, puesto que JM y Jm no son suficientes para determinar la posición de las tolerancias. El criterio que se suele emplear para resolver el problema es fijar la posición relativa entre las tolerancias y la línea de cero eligiendo una solución de agujero base o de eje base.

Eligiendo la solución de agujero base, la posición de la tolerancia de la pieza hueca viene dada por H . Y, puesto que el índice de calidad ya se ha obtenido a partir de las condiciones de la tabla 2.22, la tolerancia de la pieza hueca queda completamente definida. A continuación se determina la posición de la tolerancia de la pieza maciza. Para ello, se usan fórmulas semejantes a las de la tabla 2.23, que muestra las soluciones para los casos de juego y apriete, y un ejemplo de esquema y ecuaciones para un caso particular de indeterminado.

En el caso de juego y agujero base (tabla 2.23 izquierda), utilizaremos el valor calculado de ds y las inequaciones de la última fila de la tabla para determinar una posición compatible con las posiciones normalizadas de la tabla 2.12. Si no se encuentra una solución exacta, habrá que aproximar al valor más cercano o al más seguro. Para facilitar la aproximación, se pueden utilizar las ecuaciones de la última fila de la tabla 2.23, que permiten elegir la posición apropiada en cada caso. Si no existiese una solución posible que cumpla con dichas ecuaciones, habrá que recalcular desde el principio.

Si se elige la solución de eje base, la posición de la pieza maciza será h , y la tolerancia de esta pieza quedará completamente definida porque ya se habrá determinado su índice de calidad mediante la tabla 2.22. Entonces, la posición de la tolerancia de la pieza hueca se determina buscando en la tabla 2.13 una desviación compatible con las obtenidas de fórmulas semejantes a las de la tabla 2.24, que muestra las soluciones para los casos de juego y apriete, y un ejemplo para un caso particular de indeterminado.

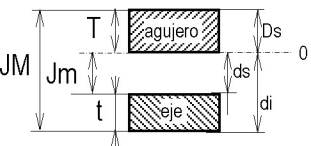
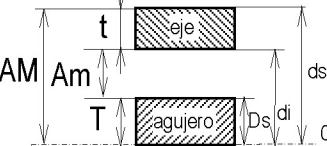
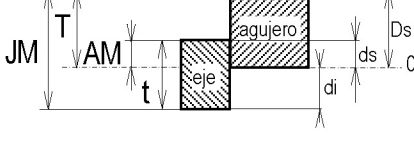
Juego	Apriete	Indeterminado 1D
$Di = 0 ; Ds = T$ $ ds = Jm$ $ di = Jm + t = JM - T$	$Di = 0 ; Ds = T$ $ds = AM$ $di = Am + T = AM - t$	$Di = 0 ; Ds = T$ $ds = AM$ $ di = t - AM = JM - T$
 $Jm < ds < JM - T - t$ $ds < 0$	 $Am + T < di < AM - t$ $di > 0$	 $t - AM < di < JM - T$ $di < 0$

Tabla 2.23 Algunos casos de relación entre los parámetros del ajuste y las desviaciones de las tolerancias en el supuesto de agujero base

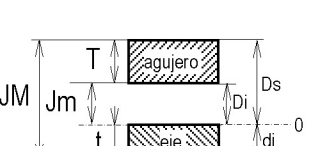
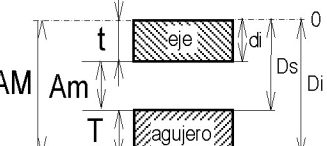
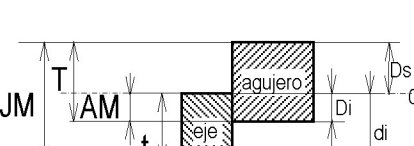
Juego	Apriete	Indeterminado
$ds = 0 ; di = t$ $Di = Jm$ $Ds = JM - t = Jm + T$	$ds = 0 ; di = t$ $ Di = AM$ $ Ds = AM - T = Jm + t$	$ds = 0 ; di = t$ $ Di = AM$ $Ds = T - AM = JM - t$
 $Jm < Di < JM - T - t$ $Di > 0$	 $Am + t < Ds < AM - T$ $Ds < 0$	 $T - AM < Ds < JM - t$ $Ds > 0$

Tabla 2.24 Algunos casos de relación entre los parámetros del ajuste y las desviaciones de las tolerancias en el supuesto de eje base

El otro problema frecuente en la determinación de un ajuste es aquel en el que se conocen las condiciones del ajuste (juegos y/o aprietes) y se conoce la tolerancia de una de las dos piezas. Por ejemplo, cuando se quiere encajar un rodamiento en un eje, y las tolerancias del rodamiento vienen prefijadas por el fabricante del mismo. En tales casos, no se puede imponer la condición de eje o agujero base. Por el contrario, las tolerancias que vienen prefijadas son las que mandan, y se busca la tolerancia de la otra pieza. Para ello, se pueden seguir aplicando las fórmulas de la tabla 2.22, pero teniendo en cuenta que en lugar de proponer un reparto proporcional entre las dos tolerancias, lo que se hace es despejar la tolerancia desconocida imponiendo como dato el valor de la que viene prefijada. Evidentemente, la posición de la tolerancia prefijada tampoco hay que elegirla, y basta

con calcular una posición de la otra tolerancia que sea compatible con el ajuste propuesto y con la tolerancia prefijada siguiendo el mismo proceso indicado arriba.

Por último, hay que hacer dos advertencias. En primer lugar, en algunos casos puede ocurrir que la solución finalmente alcanzada no cumpla alguno de los criterios de partida, debido a las aproximaciones realizadas. Por tanto, hay que comprobar siempre la solución final. Si la solución obtenida no cumple algún criterio inicial, hay que proceder a recalcular el problema, cambiando los criterios de tanteo de calidad iniciales. En segundo lugar, la recomendación de utilizar tolerancias preferentes debe ser respetada, en la medida de lo posible, cuando se calculan ajustes.

2.6.7 Representación de los ajustes

Obviamente, las dos tolerancias que definen un ajuste sólo pueden aparecer juntas en un dibujo de conjunto de un ensamblaje. Aunque también pueden representarse las tolerancias separadas en los dibujos de despiece de las dos piezas que contienen los elementos que deben encajar.

En el caso de representación conjunta, la representación del ajuste sigue el criterio de «inscripción de las tolerancias en los dibujos de conjunto» de la norma UNE 1120:1996 (ISO 406:1987), que consiste en acotar la medida nominal objeto del ajuste, y consignar las tolerancias de cada una de las dos piezas sobre la misma cota (figura 2.107). En la especificación de las tolerancias debe quedar claro cuál es la que se asigna a cada una de las dos piezas. En el caso de utilizar la representación normalizada de la tolerancia por medio del sistema ISO, no hay confusión alguna al distinguir ésta la codificación para piezas macizas o huecas (figura 2.107 abajo). En el caso de especificar directamente la medida nominal junto a los valores de la tolerancia o los valores máximo y mínimo de las dimensiones, se debe indicar en la cota a qué pieza corresponde cada tolerancia, bien con la indicación previa de la marca de la pieza (figura 2.107 arriba derecha) bien con el nombre específico o bien con un nombre genérico de la pieza que se incluye en el cajetín de despiece (figura 2.107 arriba izquierda).

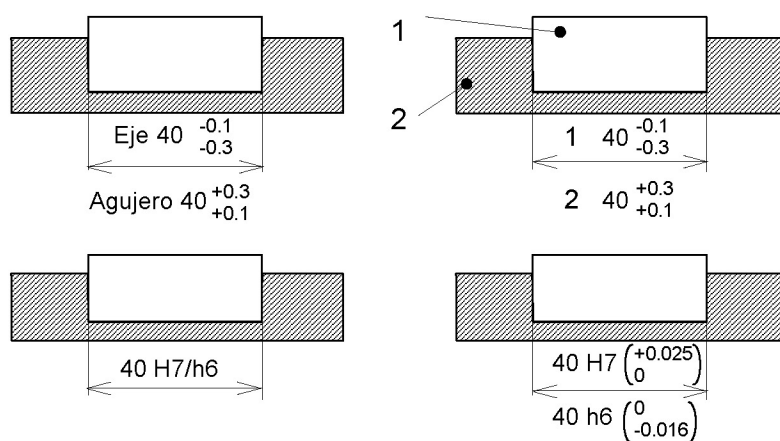


Figura 2.107 Representación de los ajustes en dibujos de conjunto

Es preferible acotar los ajustes en los dibujos de conjunto. De este modo se muestra claramente que las dos tolerancias están relacionadas; por lo que queda constancia explícita de la «intención de diseño», que en este caso consiste en que las dos tolerancias están coordinadas para producir un tipo concreto de ajuste, que responde a unas necesidades funcionales.

No obstante, en el caso de representar por separado (en los dibujos de despiece) las tolerancias de cada una de las dos piezas, la intención de diseño que supone el ajuste se puede preservar añadiendo junto a la cota de la pieza representada en cada plano, la cota complementaria de la otra pieza. Para mayor claridad, la pieza complementaria se puede representar mediante el convencionalismo de pieza contigua, que recogen las normas básicas de representación.

2.7 CADENAS DE COTAS

2.7.1 Introducción

Un ajuste no siempre se produce entre dos piezas que encajan exactamente. Por ejemplo, puede ajustarse el tamaño de un hueco entre dos piezas (figura 2.108 izquierda). Además, en un ajuste no siempre intervienen sólo dos piezas. Por ejemplo, puede que el «agujero», o el «eje», no lo constituyan piezas simples sino que sean el resultado de un ensamblaje; tal es el caso de las dos piezas inferiores de la figura 2.108 derecha, que actúan conjuntamente como «agujero» del ajuste horizontal con la pieza superior.

En consecuencia, a veces es necesario controlar el comportamiento de un ensamblaje mediante ajustes que no se pueden resolver con el esquema «eje/agujero»; porque se deben controlar tolerancias en magnitudes que no son directamente fabricables como partes de una pieza, sino que se obtienen por ensamblaje de varias piezas. Esto significa que para conseguir que una cota de una magnitud no fabricable esté dentro de una tolerancia, se tienen que determinar las tolerancias de todas las cotas fabricables que influyen en la cota que queremos controlar. El conjunto de estas cotas es lo que se denomina *cadena de cotas* (figura 2.109).

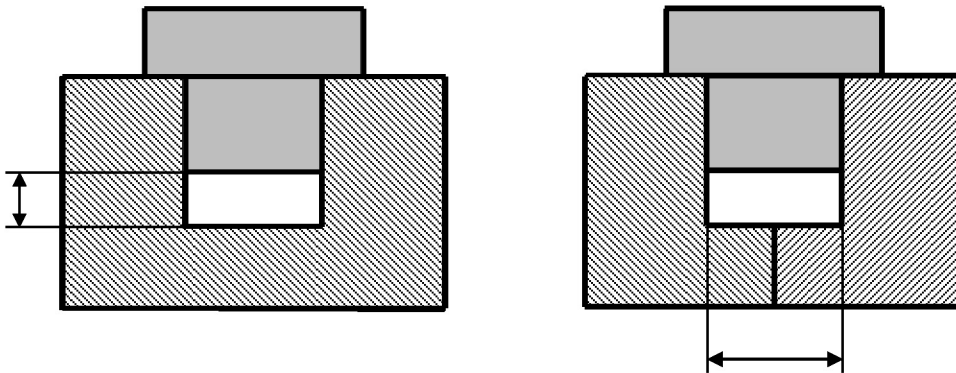


Figura 2.108 Ajuste del tamaño de un hueco (izquierda) y ajuste en el que intervienen más de dos piezas (derecha)

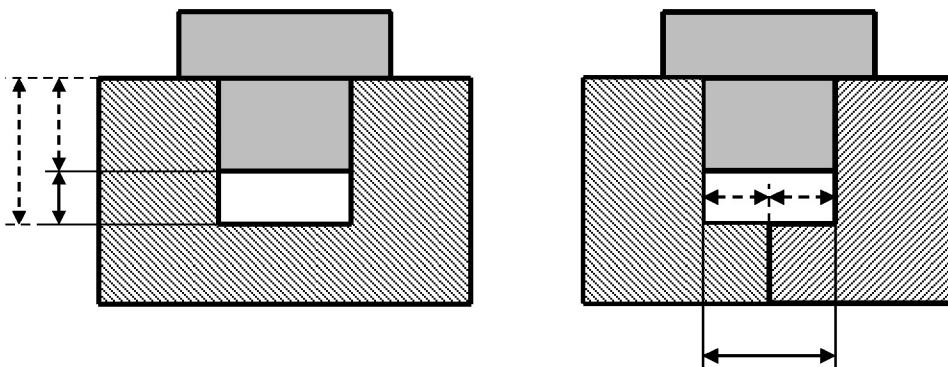


Figura 2.109 Cadenas de cotas en ajustes de dimensiones no susceptibles de fabricarse directamente

2.7.2 Elementos de una cadena de cotas

Una *cadena de cotas* es un conjunto de cotas que define una condición funcional de un producto. Cada una de las cotas es un *eslabón*. El objetivo de una cadena es determinar un ajuste (AJ) en el que intervienen dos o más cotas. Por lo tanto, en una cadena siempre debe haber un ajuste (figura 2.110). Además, la solución más económica es aquella que requiere asignar tolerancias al menor número de piezas. En consecuencia, las cadenas de cotas deben incluir la menor cantidad posible de cotas. Por otra parte, los ajustes siempre son unidimensionales, por lo que todas las cotas de la cadena deben tener la misma dirección.

El concepto de modelo «envolvente» definido al introducir las tolerancias se simplificaba hasta asumir que uno de los dos extremos de la dimensión controlada es teóricamente perfecto, y que los errores siempre se acumulan en el otro extremo. De forma semejante, los contactos «perfectos» de una cadena los constituyen las *superficies de apoyo*, y la zona donde se acumulan los errores viene determinada por las *superficies terminales*. Así, las cotas de una cadena siempre deben medir la distancia entre dos parejas de superficies de apoyo, o una pareja de superficies de apoyo y una pareja de superficies terminales. Además, cada cota de la cadena debe ser directamente fabricable. Por tanto, cada cota debe medir una magnitud de una sola pieza. La única excepción es el ajuste; que es la única cota de la cadena que debe apoyar sus extremos en piezas distintas.

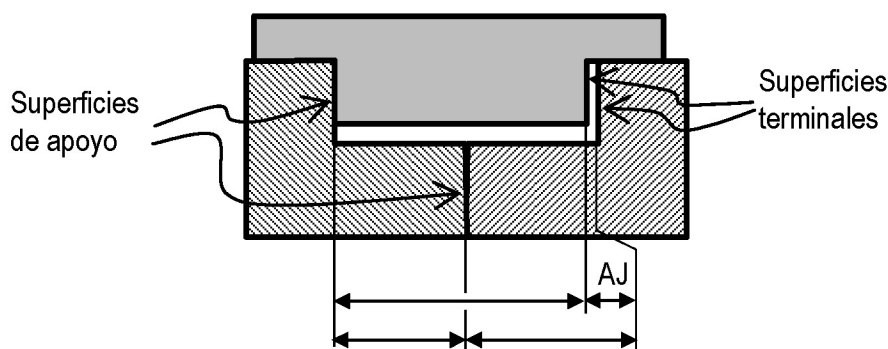


Figura 2.110 Cadenas de cotas en ajustes en los que intervienen más de dos piezas

El problema básico de una cadena es determinar las tolerancias de todas sus cotas para que se cumpla el ajuste diseñado. Por tanto, al igual que en los ajustes con dos cotas, el primer paso para resolver una cadena es determinar los parámetros del ajuste: pueden obtenerse por cálculo, por experiencia de casos similares anteriores, o por ensayos previos. Después, la tolerancia del ajuste (determinada mediante los parámetros del ajuste) hay que repartirla entre las cotas de la cadena. Este reparto puede efectuarse en función de los costes de fabricación. A falta de datos para calcular los costes, se puede hacer un reparto uniforme de tolerancias entre todas las cotas de la cadena. No obstante, hemos visto que la norma presupone que, a iguales tolerancias, la fabricación de un *conteniente* (agujero) es más costosa que la de un *contenido* (eje). Por lo tanto, el criterio de reparto de tolerancias en las cadenas de cotas se suele hacer asignando para las cotas de piezas *contenido* tolerancias mayores que para las cotas de las piezas *conteniente*. La asignación se hace por experiencia, aunque podemos proponer un rango aproximado de $0,7 \cdot T \leq t \leq T$.

2.7.3 Metodología

En el análisis de las cadenas se reemplazan las líneas de cota por vectores. Se comienza asignando un sentido arbitrario a la cota del ajuste (AJ). Luego, la cota que está junto al origen del vector del ajuste (cota A en la figura 2.111) se define como un vector cuyo origen coincide con el del ajuste. A continuación, la cota contigua al extremo del último vector, se convierte en un vector cuyo origen coincide con el extremo del anterior. El proceso se repite hasta que la última cota se convierte

en un vector cuyo origen coincide con el extremo de la cota anterior, y cuyo extremo coincide con el extremo del vector del ajuste (cota C de la figura 2.111).

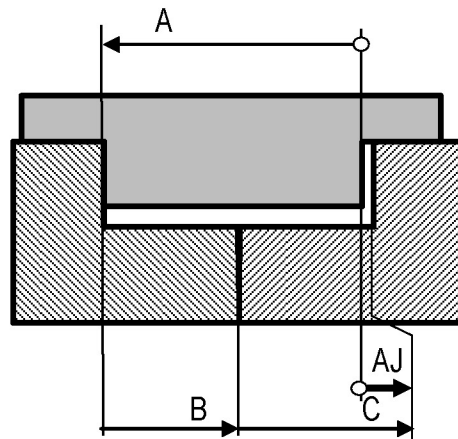


Figura 2.111 Cadenas de cotas con criterio de signos

Por tanto, el método para definir las cadenas de cotas se puede sistematizar en los siguientes cinco pasos:

1. Trazar el vector de condición funcional AJ.
2. A partir del origen del vector AJ trazar el primer vector A (origen de A coincidente con origen de AJ, y sentido de A contrario a AJ).
3. El segundo vector B tiene como origen el extremo del vector A (o sea que el extremo del vector A y el origen del vector B, se encuentran sobre una misma línea de referencia).
4. Proceder de igual forma para los distintos vectores sucesivos.
5. El extremo del vector final C coincide con el extremo de la condición funcional AJ.

El sentido positivo viene dado por el sentido del vector AJ, que es arbitrario sin que ello signifique pérdida de generalidad. Por costumbre, se suele asignar el sentido positivo de izquierda a derecha para las cotas horizontales y de abajo a arriba para las cotas verticales.

Cuando la cadena de cotas se ha definido de acuerdo al método anterior, el criterio de reparto del ajuste entre todas las cotas de la cadena se basa en que el vector funcional AJ es igual a la suma de los vectores de sentido positivo, menos la suma de los vectores de sentido negativo. En el ejemplo de la figura 2.111, $AJ = B + C - A$.

Entonces, si el ajuste deseado es un juego, al aplicar el criterio de reparto no estadístico basado en límites resulta que:

- El juego es *máximo* si las dimensiones de los vectores positivos son máximas y las de los vectores negativos son mínimas (es decir, en el ejemplo de la figura 2.111, $JM = BM + CM - Am$).
- El juego es *mínimo* si las dimensiones de los vectores positivos son mínimas y las de los vectores negativos son máximas (es decir, en el ejemplo de la figura 2.111, $Jm = Bm + Cm - AM$).

Vemos que sólo disponemos de dos ecuaciones para un problema que tiene $2 \times n$ incógnitas. En efecto, las incógnitas son las desviaciones superiores e inferiores de las n tolerancias de la cadena. Es cierto que podemos añadir una nueva condición obtenida de la generalización de la relación

entre los juegos y las tolerancias que hemos visto (tabla 2.22) al estudiar los casos de ajuste con juego, aprieto o indeterminado:

- $JM - Jm = \sum t$
- $AM - Am = \sum t$
- $JM + AM = \sum t$

Además, sabemos que las tolerancias están ligadas con las desviaciones: $t = ds - di$.

Pero el problema sigue estando indefinido. Por lo tanto, se tiene que recurrir a algún criterio de reparto heurístico o basado en la experiencia. Por último, las desviaciones obtenidas se tienen que convertir en tolerancias ISO (a ser posible preferentes), por lo que hay que aplicar un nuevo tanteo en el que las ecuaciones se convierten en inecuaciones. En definitiva, el reparto no suele ser sencillo; además, llega a requerir tolerancias excesivamente estrechas cuando aumenta el número de cotas que componen la cadena. Por lo tanto es un procedimiento laborioso que puede no tener solución práctica cuando aumenta el número de cotas de la cadena. En cualquier caso, el método propuesto es práctico para encontrar alguna solución factible para cadenas simples. En efecto, el problema completo de resolver una condición funcional mediante una cadena de cotas se puede resumir en los siguientes pasos (que se ilustran en la figura 2.112):

1. Determinar la condición funcional y representarla mediante un ajuste (AJ).
2. Expresar el ajuste mediante sus parámetros (juego máximo y juego mínimo, etc.) compatibles con un funcionamiento correcto.
3. Determinar todas las piezas que intervienen en el ajuste.
4. Encontrar la cadena de cotas del ajuste.
5. Repartir las tolerancias entre todos los eslabones de la cadena, recordando que la tolerancia sobre la cota funcional AJ es igual a la suma de las tolerancias de las cotas que componen la cadena de cotas ($AJ = B - A - C$).

Podemos simplificar mucho el problema limitando las soluciones al caso de desviaciones inferiores iguales a las superiores (*js* para ejes y *JS* para agujeros), es decir, $t_A/2 = d_{As} = d_{Ai} = d_A$; $t_B/2 = d_{Bs} = d_{Bi} = d_B$; etc. Entonces, las expresiones de juego máximo y juego mínimo quedan fácilmente convertidas en relaciones entre las desviaciones. Para el ejemplo de la figura 2.112:

- $JM = AM + CM - Bm = d_A + d_C - d_B$
- $Jm = BM - Am - Cm = d_B - d_A - d_C$

Añadiendo un número suficiente de nuevas relaciones entre las desviaciones, se llega a obtener un sistema de ecuaciones resoluble. Estas relaciones suelen ser de proporción. Así, el criterio más habitual es hacer cada tolerancia proporcional a su dimensión nominal. Sin embargo, se pueden aplicar otros criterios. Por ejemplo, en la figura 2.112 parece razonable asignar una tolerancia más estrecha a A y C que a B (porque es una pieza más grande, más compleja, de fabricación más costosa, más difícil de reemplazar, etc.). En concreto, se podría elegir una solución en la que la tolerancia de B fuese el doble que las de A y C. Otro posible criterio es asignar la misma tolerancia a A y a C (basándose en criterios tales como asignar la misma tolerancia a piezas iguales, simétricas, semejantes, etc.). Si eligiéramos este criterio, el sistema de ecuaciones para asignar desviaciones a las cotas de la figura 2.112 se completaría con:

- $d_B = d_A$

Otra forma de abordar el problema es fijar primero las tolerancias de los elementos normalizados que intervienen en la cadena y reducir así el número de tolerancias a determinar mediante reparto.

Por último, también se pueden extender los criterios de agujero base y eje base, asignando tolerancias h o H a aquellas piezas de la cadena que se considere oportuno.

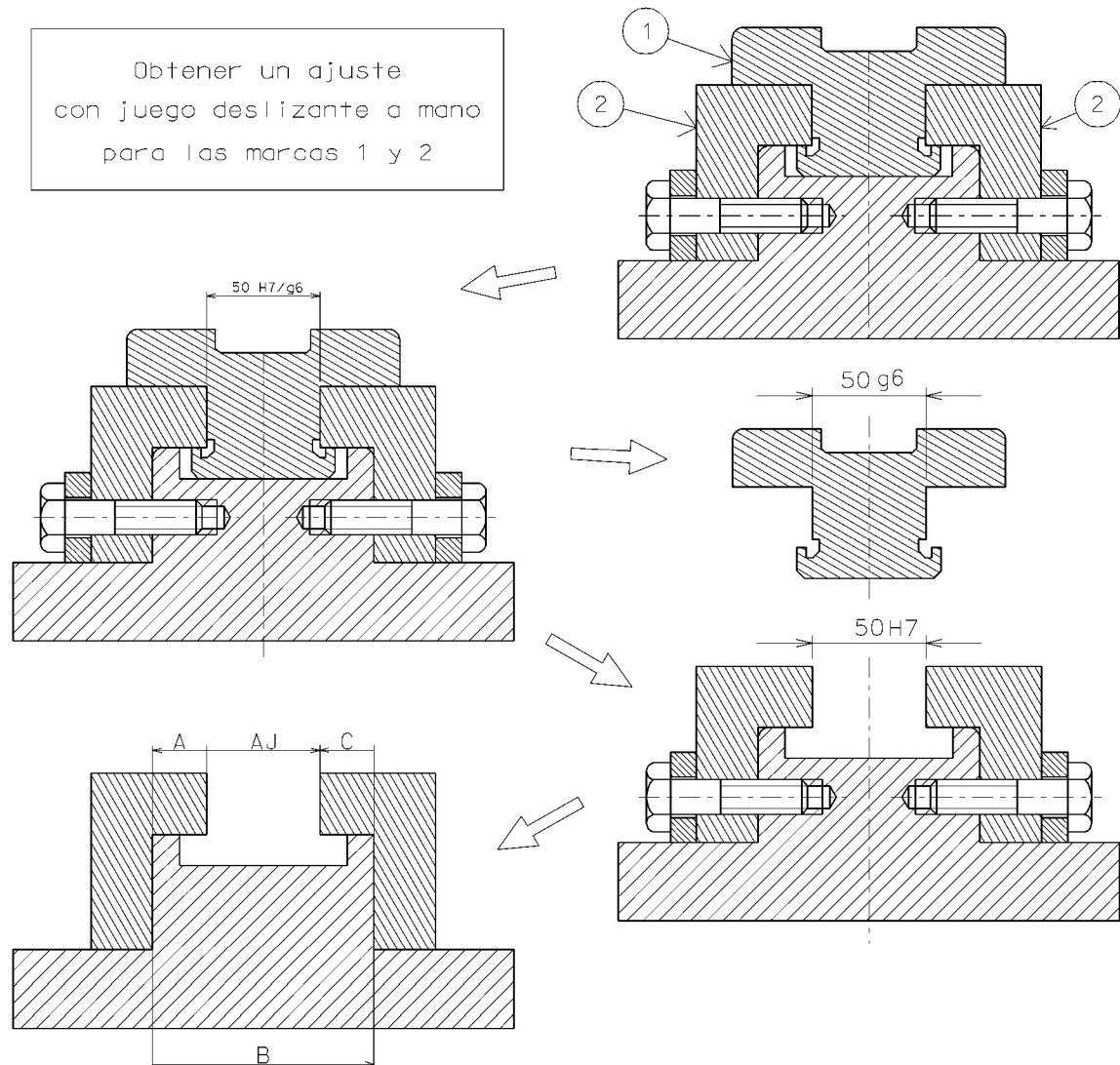


Figura 2.112 Condición de ajuste a resolver mediante una cadena de tolerancias (arriba) y pasos para determinar la cadena (abajo)

2.8 TRANSFERENCIA DE COTAS

2.8.1 Introducción

Transferir cotas es convertir un conjunto de cotas (o «acotación») en otro equivalente (figura 2.113).

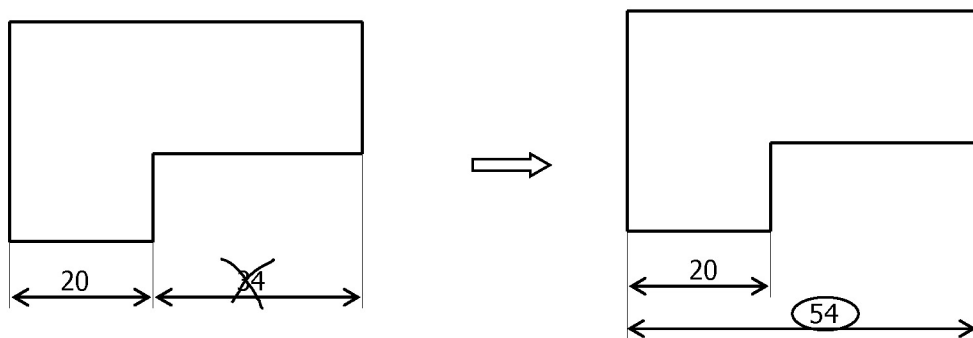


Figura 2.113 Transferencia de cotas

Transferir cotas es necesario para resolver fallos en acotación y para convertir intenciones de diseño en procesos de fabricación, inspección, etc.

La transferencia de cotas es un problema sencillo cuando las dimensiones son teóricamente exactas. Se aplica un método aritmético en el que simplemente se suman o se restan dimensiones nominales (figura 2.114).

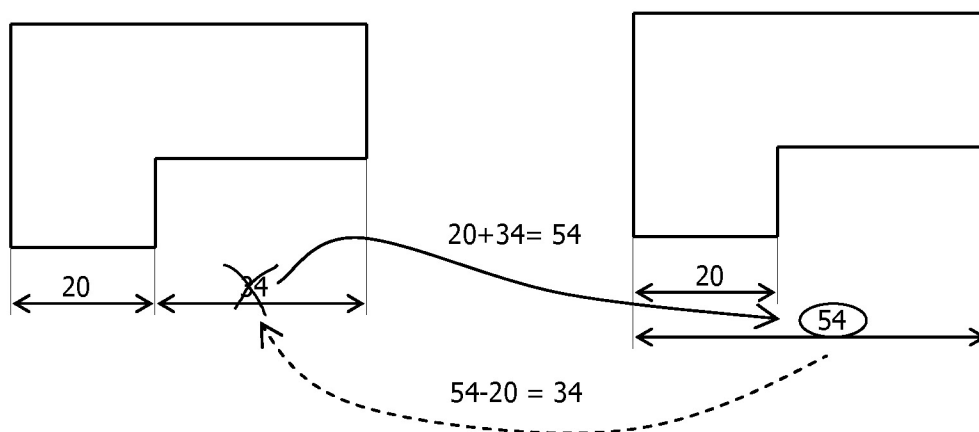


Figura 2.114 Método aritmético de transferencia de cotas teóricamente exactas

Sin embargo, el problema es complejo cuando hay tolerancias. Entonces, la transferencia de cotas no tiene solución geométrica. Si se suman o se restan las dimensiones nominales y desviaciones se obtienen resultados aparentemente válidos (figura 2.115), pero se comprueba que las transferencias así realizadas pueden dar lugar a piezas incompatibles con las tolerancias originales (figura 2.116).

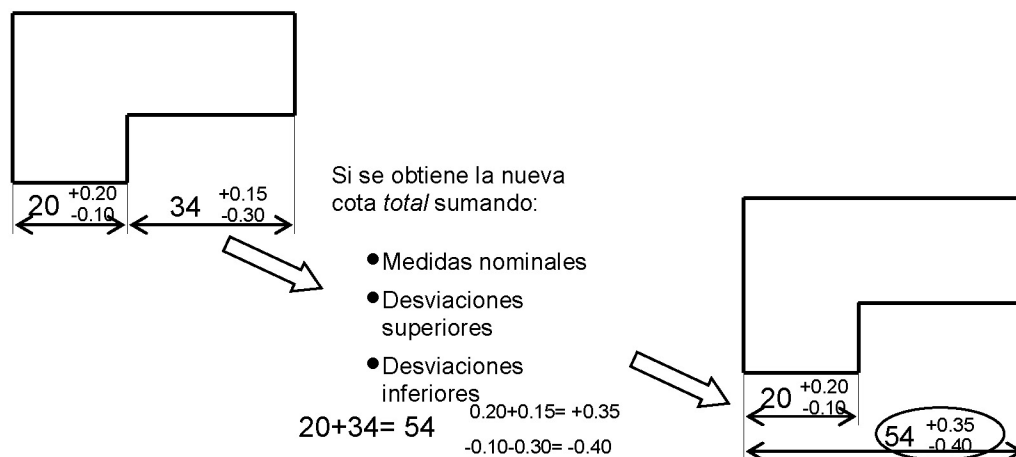


Figura 2.115 Método aritmético de transferencia de cotas con tolerancias

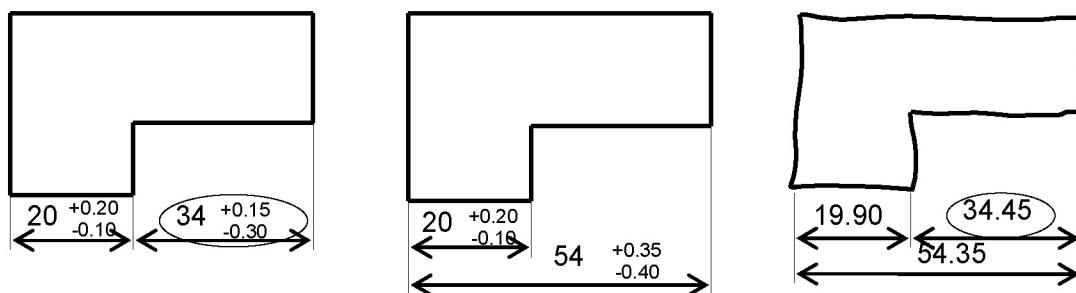


Figura 2.116 Una pieza real (derecha) que cumple las nuevas tolerancias (centro), no garantiza que también cumpla las tolerancias originales (izquierda)

Por tanto, en lugar de sumar o restar, se recurre a *repartir*. Se utilizan procedimientos de reparto por interpolación. La formulación de los criterios de reparto depende mucho de que la cota sustituida sea parcial o total. Por tanto, se distinguen dos casos:

- Transferencia por reparto, de cota parcial a total.
- Transferencia por reparto, de cota total a parcial.

2.8.2 Transferencia de cota parcial a total

Para sustituir una cota parcial por una cota total, se tiene que tener en cuenta la cota sustituida, la cota nueva y la cota o las cotas fijas, que también son cotas parciales (figura 2.117).

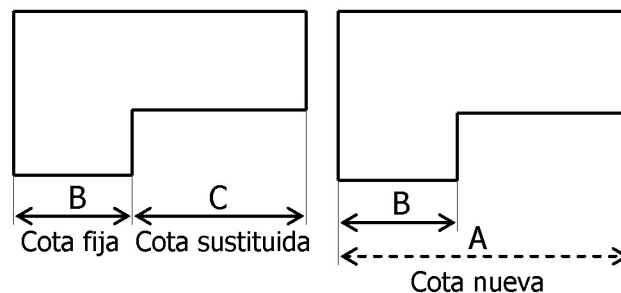


Figura 2.117 Cotas que intervienen en la transferencia de cota parcial a cota total

A su vez, se distinguen dos casos: si la tolerancia de la sustituida es mayor que la de la fija se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.118. Si la tolerancia de la fija es mayor que la de la sustituida se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.119.

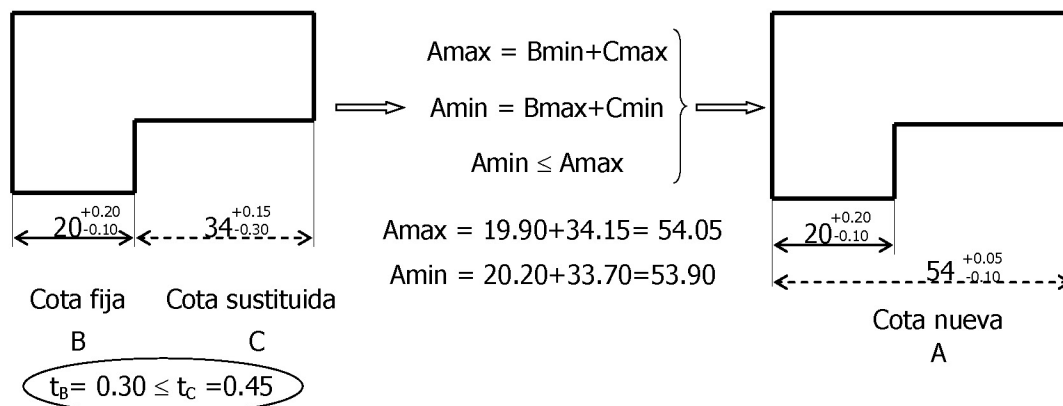


Figura 2.118 Transferencia de cota parcial a cota total cuando la tolerancia de la cota sustituida es mayor que la de la fija

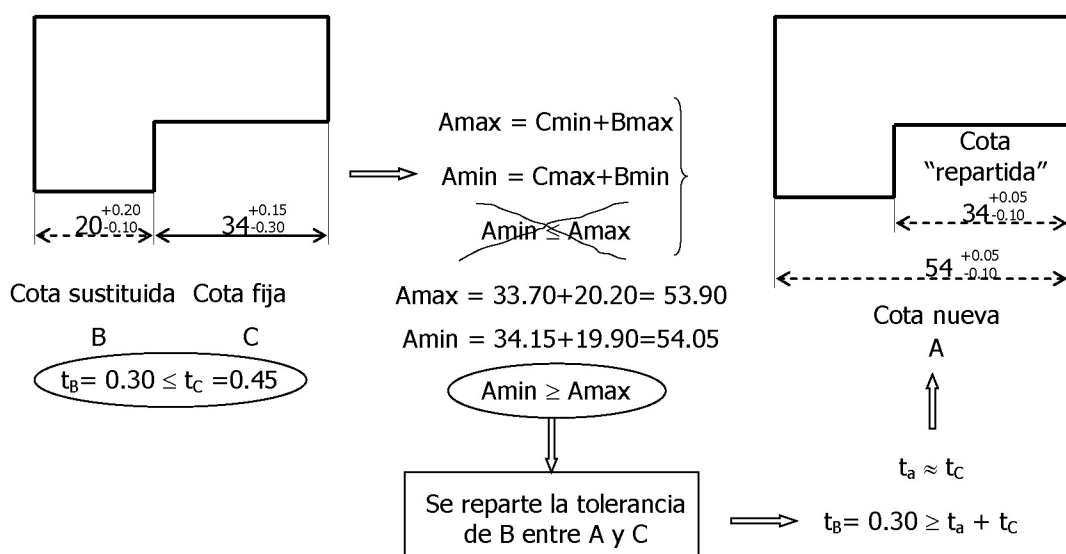


Figura 2.119 Transferencia de cota parcial a cota total cuando la tolerancia de la cota fija es mayor que la de la sustituida

2.8.3 Transferencia de cota total a parcial

Para sustituir una cota total por una cota parcial, se tiene que tener en cuenta la cota sustituida, la cota nueva y la cota o las cotas fijas, que también son cotas parciales (figura 2.120).

De nuevo se distinguen dos casos: si la tolerancia de la sustituida es mayor que la fija, se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.121. Si la tolerancia de la fija es mayor que la sustituida, el problema no tiene solución (tal como se indica en la figura 2.122).

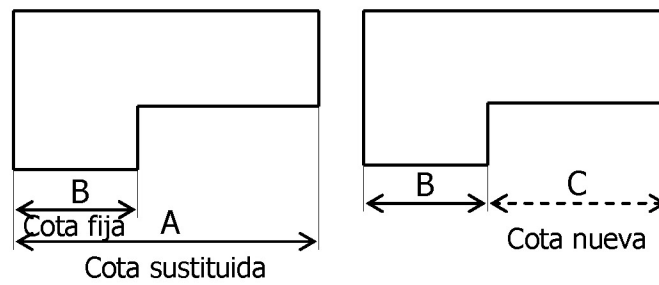


Figura 2.120 Cotas que intervienen en la transferencia de cota total a cota parcial

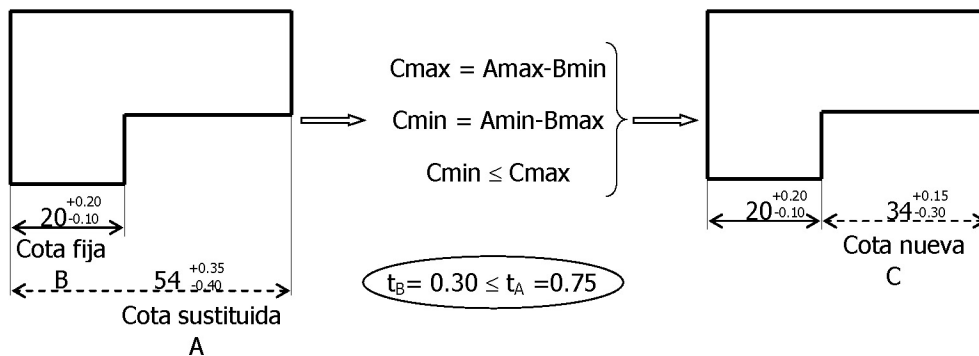


Figura 2.121 Transferencia de cota total a cota parcial cuando la tolerancia de la cota sustituida es mayor que la de la fija

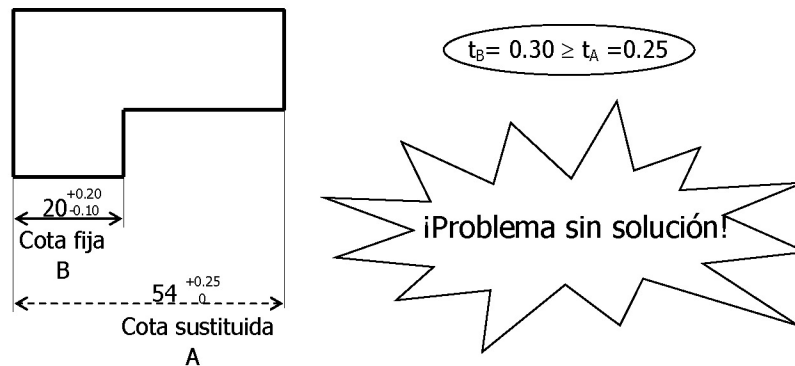


Figura 2.122 Transferencia de cota total a cota parcial cuando la tolerancia de la cota fija es mayor que la de la sustituida

2.9 TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS

2.9.1 Introducción

Al igual que las tolerancias dimensionales, las tolerancias geométricas sólo tienen sentido en el ámbito de la fabricación. Es decir, existen porque las piezas deben fabricarse y no se pueden obtener piezas con una forma exactamente igual a la deseada. Por ello, se deben determinar las variaciones de forma y posición de elementos que son aceptables, es decir, cuál es la máxima desviación que puede tener la geometría real respecto a la teórica o deseable.

Es cierto que al asignar tolerancias dimensionales a ciertas cotas, se puede estar especificando una forma y/o una posición de los elementos de forma indirecta. No obstante, una tolerancia dimensional es un modo poco eficiente de controlar la geometría. Además, no todos los aspectos geométricos se pueden controlar a través de ellas. Resulta más eficiente controlar explícitamente la forma y posición mediante indicaciones específicas derivadas de la condición funcional que se debe cumplir, y no obligar a cumplir otros requisitos, que no son necesarios y cuyo cumplimiento puede resultar muy costoso.

Al definir los planos de una pieza, su forma y posición se especifican mediante las vistas, mientras que las dimensiones se especifican con la acotación. Por esta razón, las tolerancias dimensionales pueden indicarse acompañando a las cotas, mientras que para indicar las tolerancias de forma y posición se debe utilizar una simbología específica, que modifique o matice las formas indicadas en las vistas y convencionalismos.

2.9.2 Utilidad de las tolerancias geométricas

Aunque los tamaños de las piezas pueden indicarse con bastante precisión en los dibujos acotados con tolerancias dimensionales, éstos, con cierta frecuencia, no limitan con suficiente precisión la verdadera forma geométrica de la pieza. Es decir, que las tolerancias dimensionales aportan un control «local» de la magnitud acotada, mientras que las tolerancias geométricas ejercen un control más global de la geometría. En efecto, a través de dimensiones no se pueden controlar todas las formas; por ejemplo no se puede controlar la rectitud de un eje de revolución. Además, es fácil mostrar en un ejemplo la ineficiencia del control indirecto de la forma a través del control de las dimensiones. Consideremos la pieza cilíndrica de la figura 2.123, dimensionada con considerable exactitud.

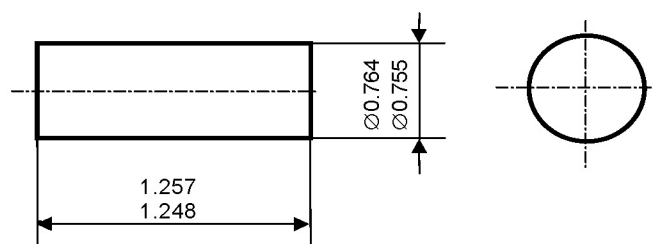


Figura 2.123 Dimensionado de una pieza cilíndrica con tolerancias dimensionales

Con las dimensiones especificadas en la figura 2.123, esta pieza puede fabricarse con cualquiera de las formas mostradas en la figura 2.124; que deben aceptarse como buenas si se asume que las tolerancias lineales controlan únicamente las dimensiones reales medidas entre dos puntos.

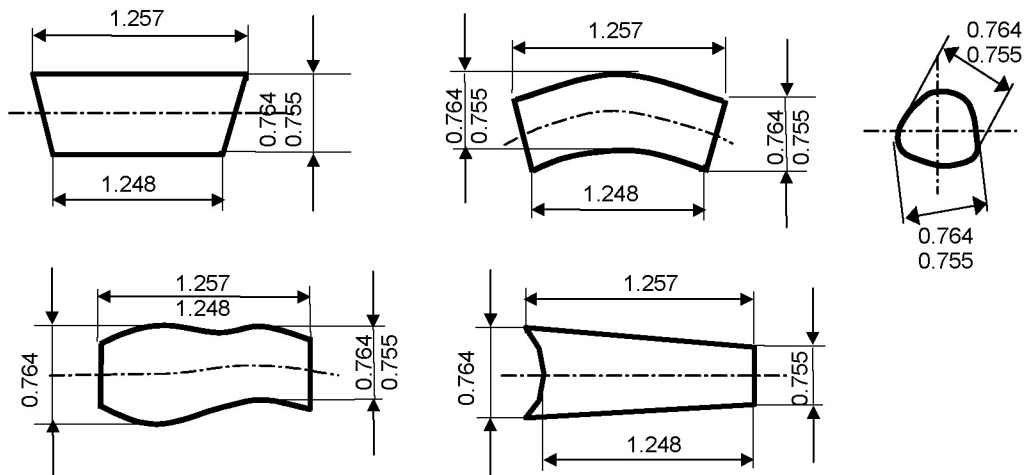


Figura 2.124 Cuatro piezas reales que cumplen las mismas tolerancias dimensionales que el modelo de la figura 2.123

2.9.3 Conceptos básicos

Las *tolerancias geométricas* son los límites de variación dentro de los cuales se acepta que un elemento geométrico real, a pesar de no ser igual al teórico diseñado, es equivalente a los efectos de aptitud para el objetivo perseguido (que suele ser el de cumplir la función para la que se ha diseñado).

Estos límites de variación se expresan como desviaciones permitidas respecto a la forma y posición teóricas, y definen una *zona de tolerancia* dentro de la cual debe estar contenido el elemento real sometido a tolerancia.

Se distinguen dos tipos de tolerancias, las que se denominan *intrínsecas* porque afectan a un único elemento característico, y las *extrínsecas*, que necesitan un elemento de referencia, de tal modo que la condición geométrica que se controla en un elemento, sólo tiene sentido considerada en relación con otro elemento.

No es necesario que exista una tolerancia de medida para que se pueda especificar una tolerancia geométrica. Por ejemplo se puede exigir que una cierta superficie de apoyo sea «plana» sin exigir una tolerancia dimensional de la misma.

Hoy por hoy, no es posible controlar directamente la forma de elementos complejos. Por ello, es necesario descomponer el problema en elementos geométricos más asequibles. Los elementos más simples que pueden estar sujetos a tolerancia geométrica son los elementos geométricos clásicos: la recta y el plano, como pueden ser las caras planas de una pieza, sus aristas, sus ejes de revolución o planos de simetría (figura 2.125). Por ejemplo, un eje puede tener la cualidad de ser más o menos recto, una cara más o menos plana. Otros elementos geométricos más complejos como superficies o volúmenes predefinidos también pueden ser objeto de tolerancia geométrica, como es el caso de los paralelepípedos, los prismas y pirámides, y los conos y cilindros. Por ejemplo una superficie cilíndrica puede tener una redondez más o menos perfecta en sus secciones transversales.

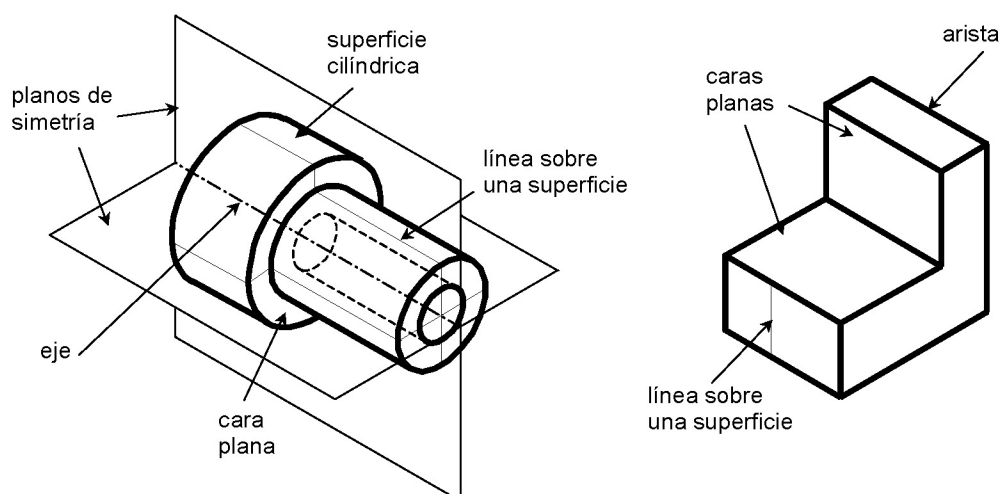


Figura 2.125 Elementos geométricos que pueden estar sujetos a tolerancia geométrica

2.9.4 Representación normalizada de tolerancias geométricas

Los criterios generales de representación normalizada e interpretación de las tolerancias geométricas se recogen en normas nacionales e internacionales (UNE-EN ISO 1101:2006, UNI 7226, ASME Y14.5M-1994), con un alto grado de coincidencia entre todas ellas.

En general, la sintaxis con la que debe representarse una tolerancia geométrica debe hacer constar:

- El elemento a controlar.
- La cualidad o característica geométrica que se exige a dicho elemento.
- La zona de tolerancia.
- El elemento de referencia.

Todos estos aspectos se indican por medio de un símbolo complejo que consta de hasta cinco partes, tal como se ilustra en el ejemplo de la figura 2.126 y se comentan a continuación.

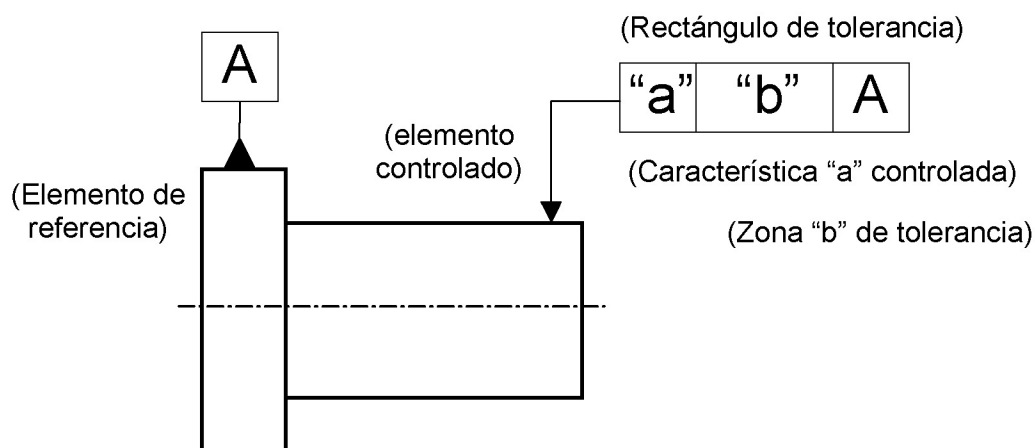


Figura 2.126 Indicación de tolerancia geométrica

El rectángulo de tolerancias es una caja rectangular dibujada en línea fina que siempre se coloca horizontal. Este rectángulo se divide en dos o tres partes. En la parte izquierda se coloca un símbolo que hace referencia a la característica a controlar. La parte central aloja la indicación de la zona de tolerancia, es decir, el tamaño y la forma de la zona dentro de la cual se permitirá que el elemen-

to controlado esté contenido. La parte derecha contiene la referencia a el/los elementos de referencia. Esta última, a su vez, se puede subdividir en diferentes casillas.

En la figura 2.127 se muestran algunos ejemplos de rectángulos de tolerancia:

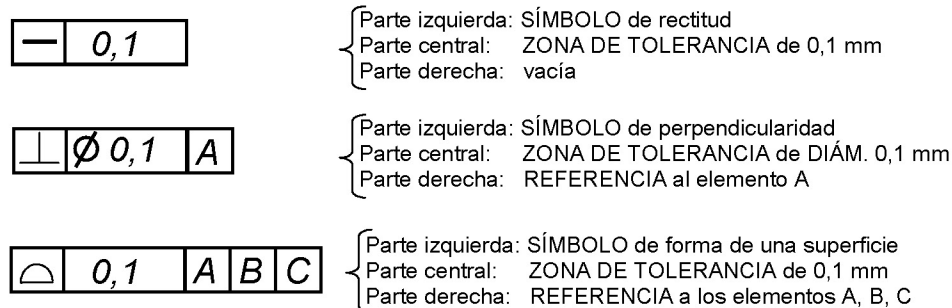


Figura 2.127 Ejemplos de rectángulos de tolerancias

En la tabla 2.25 se representan los símbolos normalizados que identifican las distintas cualidades geométricas que pueden ser objeto de tolerancia geométrica. Se han clasificado según sean intrínsecas (elementos simples) o extrínsecas (con elementos de referencia), y se ha indicado el tipo de tolerancia y las características a que hacen referencia.

Elementos afectados	Tipo de tolerancia	Característica	Símbolo
Sólo elementos simples	Forma	Rectitud	
		Planicidad	
		Redondez	
		Cilindricidad	
Elementos simples o asociados	(Perfil)	Forma de una línea	
		Forma de una superficie	
Sólo elementos asociados	Orientación	Paralelismo	
		Perpendicularidad	
		Inclinación	
	Situación	Posición	
		Coaxialidad	
		Simetría	
	Oscilación radial/axial	Circular	
		Total	

Tabla 2.25 Clasificación y símbolos de las tolerancias geométricas

Hay que destacar que la norma ASME Y14.5M-1994 distingue entre tolerancias de forma (rectitud, planicidad, redondez y cilindridad) y tolerancias de «perfil» (*profile*); éstas últimas son las de forma/perfil de una línea y forma/perfil de una superficie. Sin embargo, para UNE-EN ISO 1101:2006 tal diferencia no se considera. No obstante, la diferencia es sólo semántica, porque no hay diferencias entre las normas en cuanto al tratamiento y la interpretación que se da a estas características.

El rectángulo de tolerancia se une por su parte izquierda al elemento controlado por medio de una línea de referencia (figura 2.126). La línea de referencia es una línea quebrada que acaba en una flecha apuntando al contorno del elemento sometido a tolerancia, o a una prolongación (hecha con línea fina) de dicho contorno. La dirección en que apunta la flecha es perpendicular a la dirección en la cual se extiende la zona de tolerancia.

Para indicar el o los elementos de referencia se colocan una o más letras de referencia en la parte derecha del rectángulo de tolerancias. Para completar la identificación, los elementos de referencia se identifican por un triángulo lleno o vacío adosado al elemento de referencia y unido a un recuadro dentro del cual se coloca una letra mayúscula (figura 2.128), la misma que figura en el correspondiente rectángulo de tolerancias geométricas.

Cuando la simplicidad del dibujo lo permita el triángulo que señala al elemento de referencia puede conectarse directamente a la parte derecha de dicha caja (prescindiendo de la letra de referencia, tal como se muestra en la figura 2.129).



Figura 2.128 Marca indirecta de un elemento de referencia.

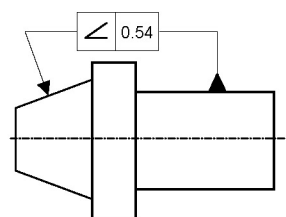


Figura 2.129 Marca directa de un elemento de referencia.

Zonas de tolerancia

Para determinar la *anchura* de la zona de tolerancia se sigue el criterio de que ésta se extiende en la dirección normal al elemento geométrico especificado (figura 2.130 arriba). Si se desea una zona de tolerancia de anchura oblicua respecto al elemento, se debe especificar específicamente tal y como se muestra en la figura 2.130 abajo (UNE-EN ISO 1101:2006).

En general, la zona de tolerancia no tiene una *posición* definida respecto a la forma teórica. Por ejemplo, una tolerancia de redondez exige que cualquier punto de la circunferencia real esté entre dos circunferencias concéntricas y con una diferencia de radio igual al valor de la tolerancia. Pero el valor absoluto de sus radios no se controla.

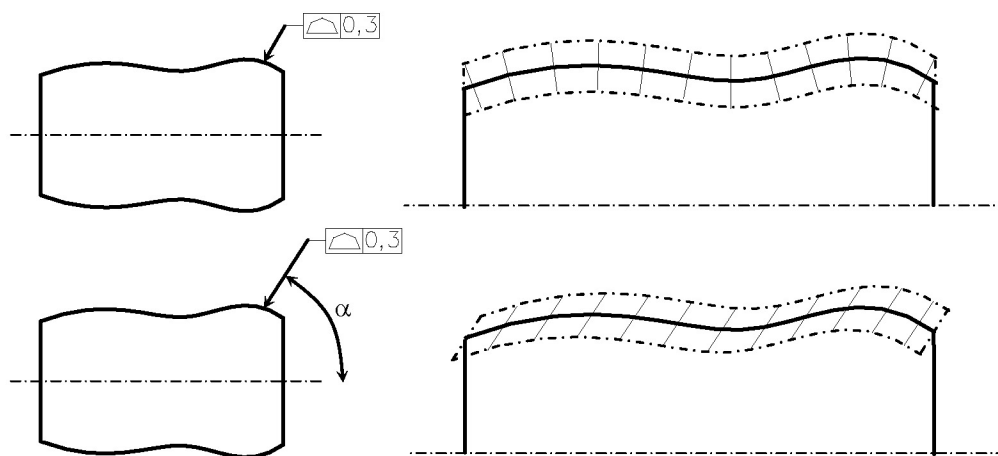


Figura 2.130. Extensión normal de la zona de tolerancia (arriba) y extensión oblicua de la zona de tolerancia (abajo).

Sin embargo, en el caso particular de perfiles, la zona de tolerancia se extiende a ambos lados de la forma teórica, y se sitúa equidistante de ella. Es más, la norma ASME Y 14.5 M ha introducido la posibilidad de especificar que la zona de tolerancia sea «unilateral», es decir que sea tangente a la forma teórica. Para ello se utiliza una línea auxiliar gruesa de trazo y punto adyacente a la forma teórica y del lado en el que debe estar la zona de tolerancia. Esta misma simbología se puede extender para considerar zonas bilaterales pero asimétricas. Un ejemplo de las cuatro posibilidades se muestra en la figura 2.131.

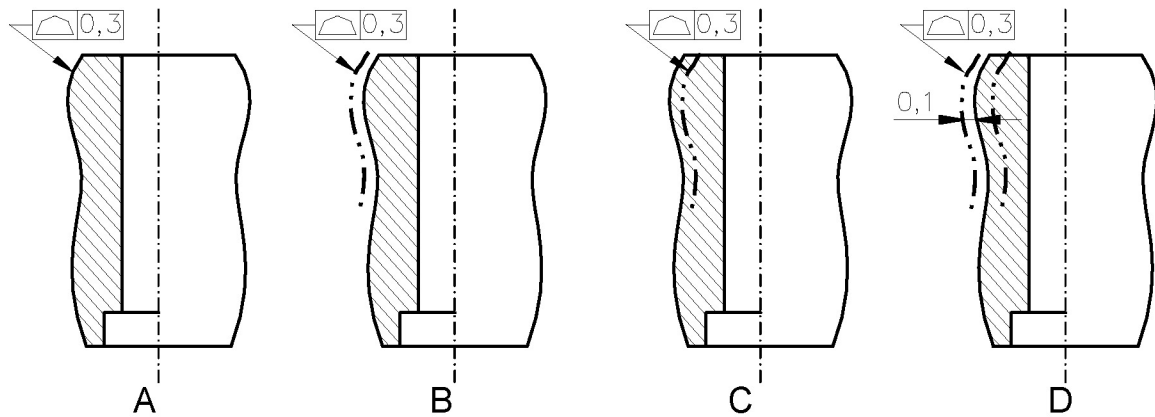


Figura 2.131 Indicaciones de posición de la zona de tolerancia. A) Equidistante de la superficie teórica; B) exterior a la superficie teórica; C) interior a la superficie teórica; D) asimétrica respecto de la superficie teórica

La dimensión de la zona de tolerancia se puede indicar por medio de un parámetro, a fin de poder tabular dicho parámetro para toda una familia de productos. En tal caso, la letra que indica el parámetro puede ir precedida del prefijo TOL (figura 2.132), para evitar que se confunda con la indicación de un elemento de referencia.

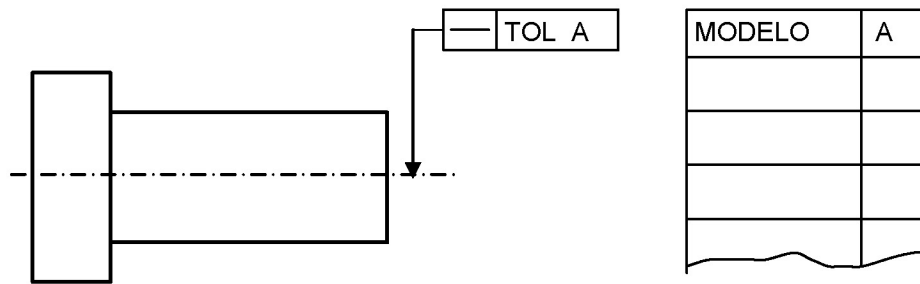


Figura 2.132 Tolerancia parametrizada (A) y tabulada para diferentes modelos

Para definir diferentes formas para la zona de tolerancia, se especifica junto a la cifra el correspondiente símbolo complementario. Los símbolos modificadores, según ASME Y14.5M-1994, son los recogidos en la tabla 2.26.

Zona de tolerancia	Símbolo
Radio	R
Diámetro	Ø
Radio esférico	SR
Diámetro esférico	SØ

Tabla 2.26 Símbolos modificadores de la zona de las tolerancias geométricas

Elemento controlado

Para controlar ejes de revolución, la línea de referencia puede apuntar tanto al propio eje como a la cota que dimensiona la superficie de revolución. El significado de ambas variantes se ilustra en la figura 2.133.

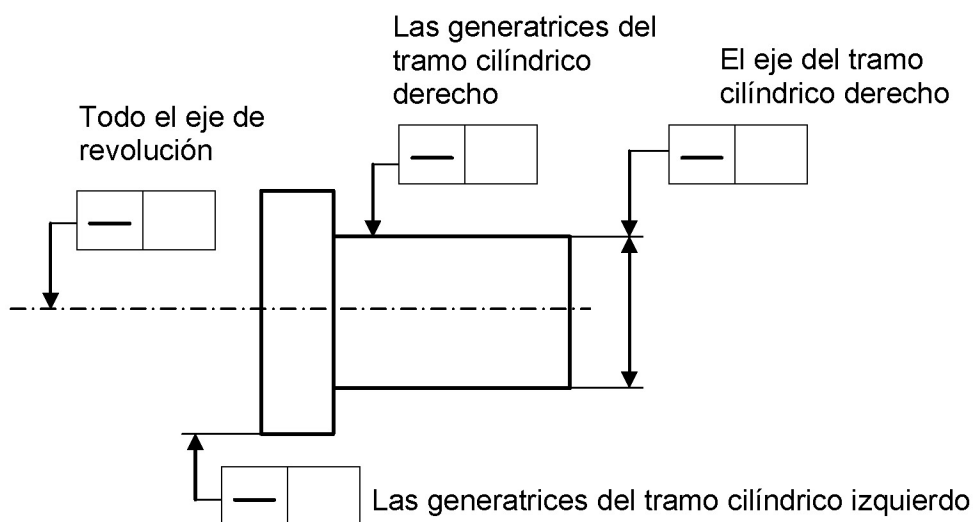


Figura 2.133 Selección de diferentes elementos a controlar

Cuando se requiere controlar sólo una parte del elemento indicado por la línea de referencia, la longitud o área a controlar deben indicarse por medio de una línea gruesa de trazo y punto, adyacente al elemento referenciado. Si la indicación de la zona de tolerancia no puede hacerse sobre una representación del contorno de dicha zona, se recurre a indicarla del mismo modo que se hacen las indicaciones de referencias parciales de elementos de referencia (ISO 5459-81, o UNE 1128:1995, apartado 7.1.2). En cualquier caso, deben consignarse las cotas necesarias para definir la dimensión y ubicación de dicha longitud o área (figuras 2.134 y 2.135).

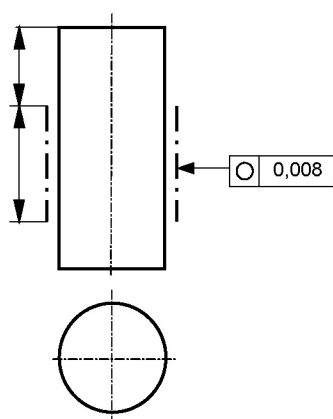


Figura 2.134 Indicación de posición de la zona de tolerancia en contorno

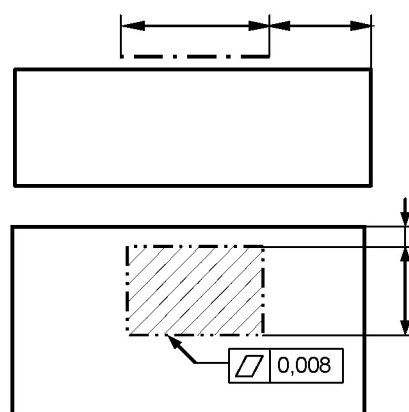


Figura 2.135 Indicación de posición de la zona de tolerancia en vista frontal

Si lo que se pretende es aplicar una tolerancia a cualquier longitud parcial del elemento, pero no referida a una parte concreta del elemento, sino referida a cualquier longitud parcial medida a lo largo del elemento, se especifica en el rectángulo de tolerancia tal y como se muestra en la figura

2.136. Si además se le exige una tolerancia global a todo el elemento se indica como en la figura 2.137.

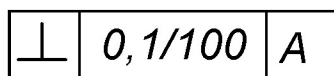


Figura 2.136. Indicación de tolerancia para cualquier longitud parcial

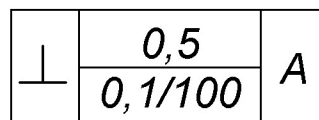


Figura 2.137. Indicación de tolerancia para cualquier longitud parcial y para el elemento completo

Cuando la complejidad del dibujo lo aconseje, la línea de referencia se puede interrumpir. Al final de la flecha se pone una letra de referencia y el recuadro de tolerancia se identifica colocando la misma letra junto a él (figura 2.138). Otra excepción en la indicación del elemento referenciado ocurre cuando una misma tolerancia se debe aplicar a un conjunto de elementos iguales. En estos casos, se añade una leyenda que explica tal circunstancia. La leyenda se sitúa encima o al lado de la caja de tolerancia. En la figura 2.139 se muestra un ejemplo.

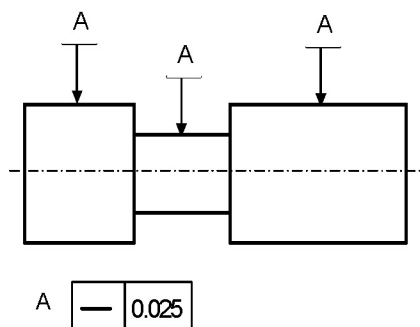


Figura 2.138 Tolerancia geométrica con línea de referencia interrumpida

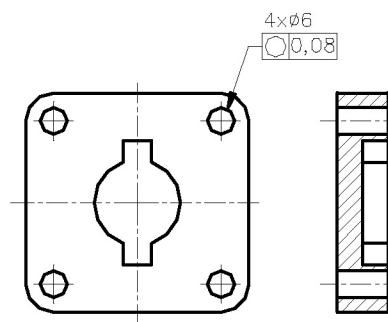


Figura 2.139 Tolerancia geométrica con leyenda para indicar todos los elementos a los que afecta

Elementos de referencia

La indicación de elementos de referencia admite muchos casos particulares, tal como se explica en la norma UNE 1128:1995 (ISO 5459:1981). Para empezar, la zona de referencia también puede ser limitada. Para indicar tal circunstancia se actúa de forma análoga a la limitación de la zona de aplicación de la tolerancia de las figuras 2.134 y 2.135. En la figura 2.140 se muestra un ejemplo.

El elemento de referencia se puede definir como un elemento teórico sobre el objeto real por medio de varias referencias parciales. Por ejemplo, en lugar de definir una cara del objeto como plano de referencia, se pueden definir tres puntos no alineados y pertenecientes a la superficie del objeto de forma que siempre se pueda determinar un plano teórico de comparación, utilizando únicamente esos tres puntos (figura 2.141).

Las referencias parciales pueden ser un punto, una recta o un área. Se representan tal como se indica en la figura 2.142 y se identifican por medio de un círculo como el mostrado en la figura 2.143, cuya mitad inferior contiene la identificación de la referencia y cuya mitad superior se reserva para información complementaria, tal como las dimensiones de la zona de tolerancia.

Además de la referencia simple, se pueden establecer referencias múltiples, distinguiéndose los casos en que las diferentes referencias tienen o no un orden de prioridad. La distinción se hace por medio de indicaciones como las mostradas en la figura 2.144.

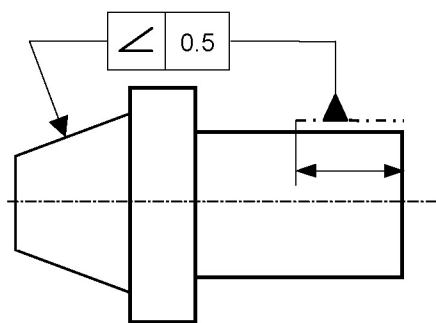


Figura 2.140 Zona de referencia limitada

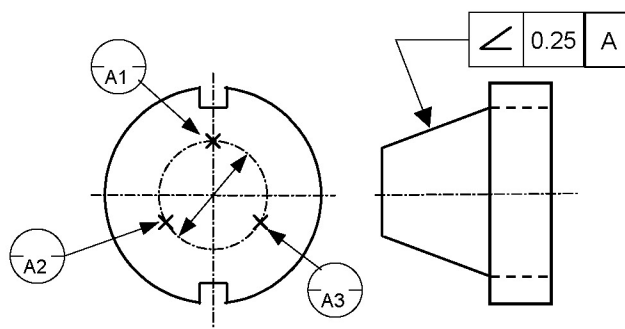


Figura 2.141 Referencias parciales, para definir una referencia teórica

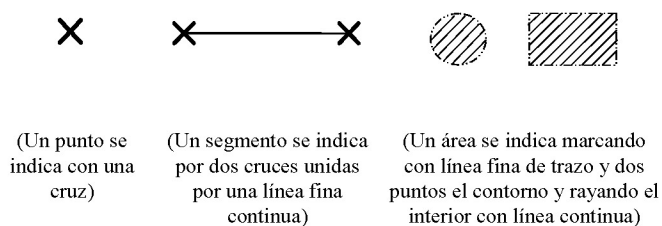


Figura 2.142 Tipos y señalización de las referencias parciales

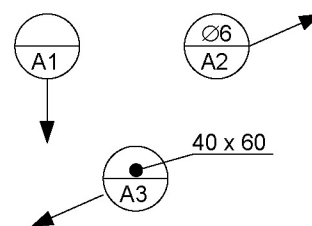


Figura 2.143 Recuadros de referencias parciales

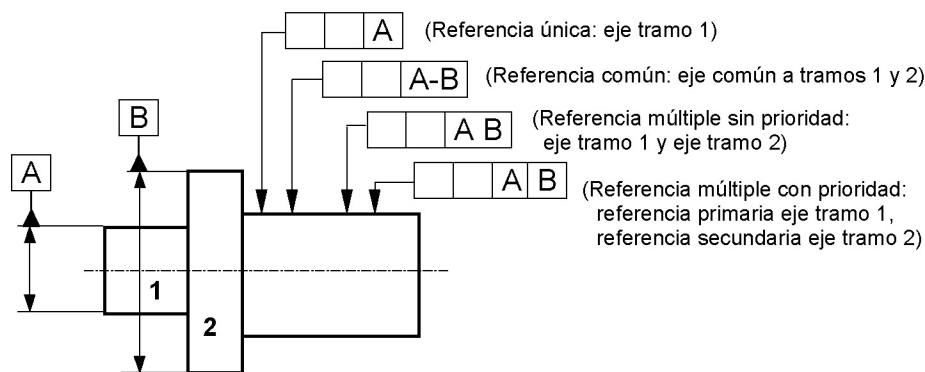


Figura 2.144 Representación en la caja de tolerancias de los diferentes tipos de referencias

Cotas teóricamente exactas

En las tolerancias de perfil y de situación se pueden utilizar como elementos de referencia elementos geométricos teóricamente exactos definidos a partir de cotas, que evidentemente no pueden ser objeto de tolerancia dimensional. Para indicar estas cotas se incluye la cifra de la misma dentro de un recuadro realizado con línea fina (figura 2.145), indicando con ello que se trata de una cota teóricamente exacta necesaria para la definición de la zona de tolerancia correspondiente.

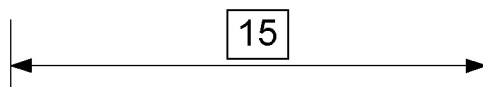


Figura 2.145 Indicación de cotas teóricamente exactas

2.9.5 Tolerancias de forma

Estas tolerancias limitan las variaciones de las características intrínsecas del elemento a controlar, independientemente de cualquier otro elemento. Esto se traduce en que la tolerancia de forma intrínseca no puede estar asociada a ningún elemento de referencia.

Rectitud

La tolerancia de rectitud establece que el elemento afectado por dicha tolerancia esté comprendido todo él entre dos rectas paralelas entre sí, equidistantes del elemento teórico, y separadas el valor de la tolerancia. Por ejemplo, la condición impuesta por la tolerancia de la figura 2.146 es la de que la generatriz señalada debe estar entre dos rectas paralelas, contenidas en el plano axial, que pase por ella y por el eje de revolución, equidistantes de la generatriz teórica, y separadas por el valor de la tolerancia. También es importante destacar que la generatriz sometida a tolerancia es «cualquiera», porque no se ha hecho referencia a ninguna en particular.

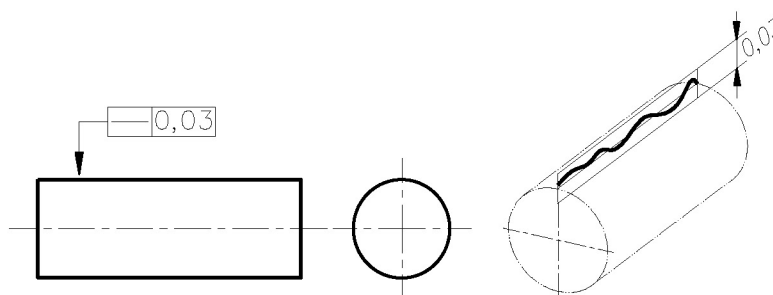


Figura 2.146 Tolerancia de rectitud con zona de tolerancia plana

Nótese que la vista en la que se indica la tolerancia es la que define el plano que contiene a la «banda» plana de tolerancia permitida. Es importante matizar que la tolerancia no exige que el elemento controlado esté contenido en la banda de tolerancia, lo que debe quedar contenido en la banda es «la proyección» del elemento controlado sobre el plano de control. Dicho en otras palabras, no se controlan las desviaciones que el elemento controlado pueda tener *fuera* del plano de control.

Si interesa controlar tridimensionalmente una rectitud se puede definir un volumen como zona de tolerancia. Por ejemplo, una zona prismática de tolerancia se define con dos tolerancias sobre el mismo elemento y siguiendo direcciones ortogonales (figura 2.147).

Otro modo de definir una zona de tolerancia tridimensional es indicar su forma por medio del símbolo correspondiente, que se antepone a la cifra que indica la amplitud de la tolerancia. Por ejemplo, el símbolo de diámetro (\varnothing) antepuesto a la cifra se interpreta como que la condición impuesta por la tolerancia de rectitud es la de que el eje del cilindro deberá estar contenido en una zona de tolerancia cilíndrica de diámetro el valor de la tolerancia y eje coincidente con la recta que se controla (ver figura 2.148).

Una última matización relativa a la tolerancia de rectitud es que se puede aplicar a aristas, ejes y generatrices. Cuando la tolerancia de rectitud se refiere a un eje de revolución, además del caso en que la línea de referencia apunta al propio eje (figura 2.149), se contempla la posibilidad de que la línea de referencia apunte a la cota que dimensiona la superficie a la que hace referencia el eje (figura 2.150). El significado de esta variante es que no se referencia a todo el eje, sino sólo a la parte del mismo que corresponde al elemento cuya dimensión se señala.

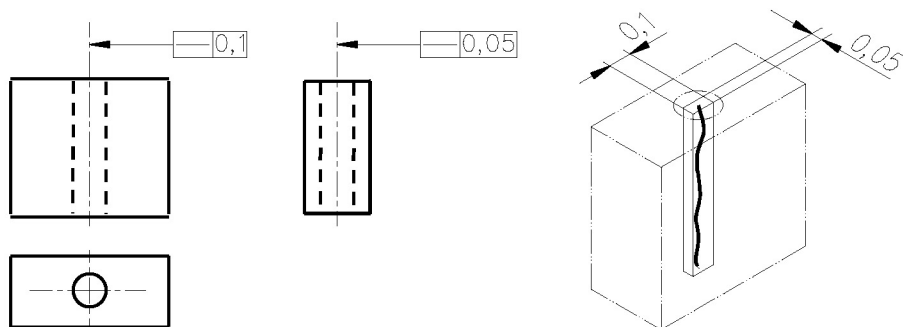


Figura 2.147 Tolerancia de rectitud con zona de tolerancia prismática

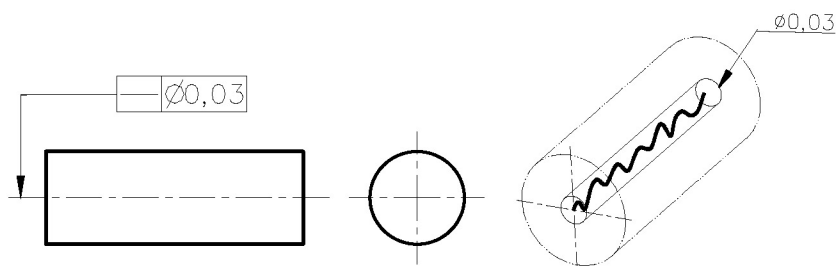


Figura 2.148 Tolerancia de rectitud con zona de tolerancia cilíndrica

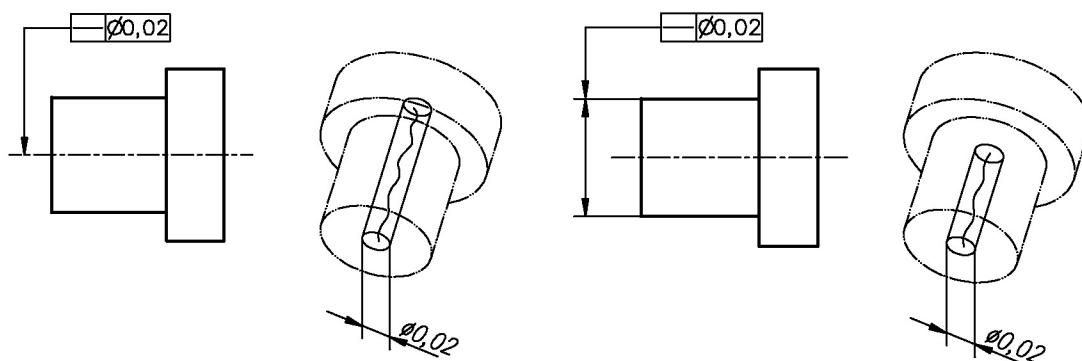


Figura 2.148 Tolerancia de rectitud con zona de tolerancia cilíndrica extendida a todo el eje de revolución

Figura 2.150 Tolerancia de rectitud con zona de tolerancia cilíndrica limitada a un elemento

Planicidad

La figura 2.151 muestra cómo se indica una tolerancia de planicidad. La condición impuesta por esta tolerancia es la de que la superficie afectada debe estar comprendida entre dos planos paralelos distanciados el valor de la tolerancia. Nótese que la tolerancia de planicidad no controla ni la orientación del plano ni su orientación.

En el caso de la planicidad, se pueden añadir condiciones que limiten la forma que debe tener la superficie real. En el ejemplo de la figura 2.152 se exige que la superficie resultante sea convexa (en el sentido amplio, es decir, incluyendo el caso particular de superficie plana).

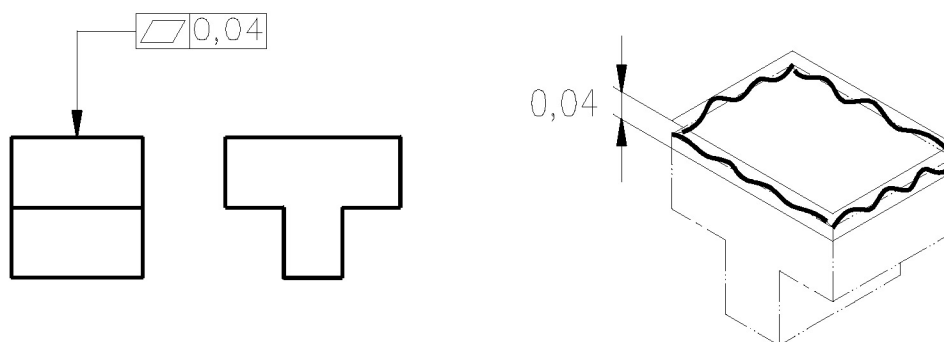


Figura 2.151 Tolerancia de planicidad

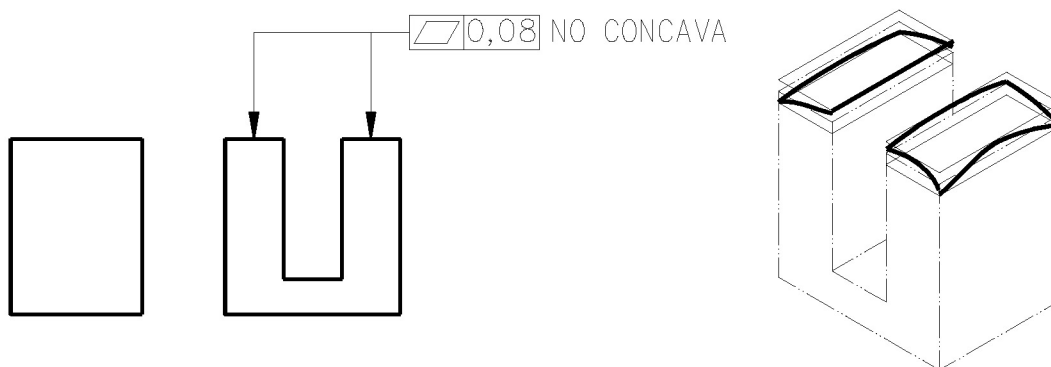


Figura 2.152 Tolerancia de planicidad con indicación complementaria

Su utilidad es clara, porque se puede entender que dos superficies de piezas que deben deslizarse entre sí, si son «casi planas» pero convexas, permitirán un mejor deslizamiento que otras dos que pese a diferir menos de la forma plana (es decir, pese a tener una zona de tolerancia más estrecha) presenten ondulaciones.

En el ejemplo se aprecia también cómo pueden considerarse en una misma zona de tolerancia varias caras planas pertenecientes al mismo plano teórico. Asimismo sirve para ilustrar la ambigüedad de la indicación de «no concavidad»: no queda definido si el conjunto de las dos caras debe formar parte de una misma superficie convexa (tal como sugiere la figura 2.152), o bien basta con que cada una de las dos superficies, por separado, sea convexa.

Para resolver esta duda, se puede añadir la indicación de «zona común», que obliga a que todos los elementos que comparten la referencia, compartan la misma zona de tolerancia.

Redondez

La tolerancia de redondez controla la forma de una circunferencia en el plano en el que está contenida (figura 2.153). Para un cuerpo de revolución, esta tolerancia controla todas las secciones perpendiculares al eje de revolución. Porque, además de que la tolerancia de redondez es independiente de la posición de la circunferencia, no controla su diámetro. Para indicar tal condición, la flecha de referencia debe apuntar a un punto indeterminado de dicha superficie de revolución.

La condición impuesta por la tolerancia de redondez supone que cualquier perfil resultante de una sección perpendicular al eje de revolución debe estar contenido entre dos circunferencias cuya diferencia en radio es el valor de la tolerancia. Nótese que la tolerancia de redondez no controla el valor del diámetro de la sección, sino únicamente su forma «redonda». Nótese además que la «zona de tolerancia» se extiende siempre en dirección perpendicular a la flecha que señala el elemento de referencia.

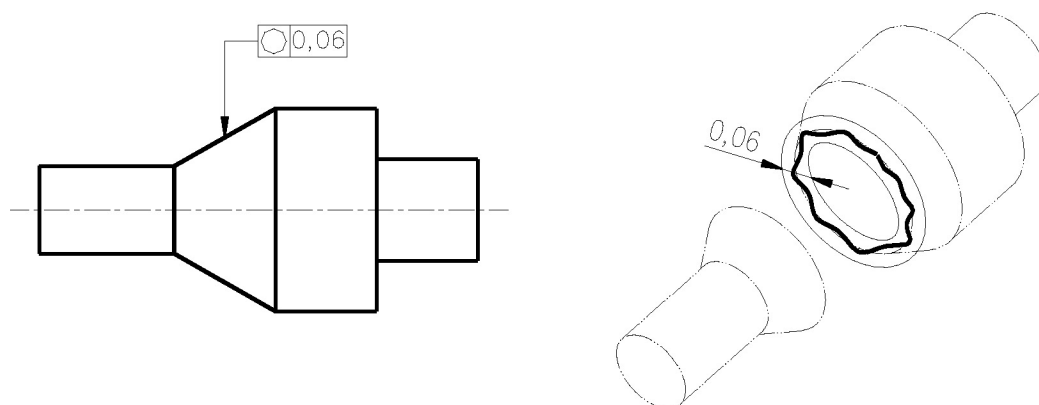


Figura 2.153 Tolerancia de redondez

Cilindricidad

La tolerancia de cilindridad impone que la superficie cilíndrica debe estar comprendida dentro de una zona tubular cuyo espesor es el valor de la tolerancia (figura 2.154).

La cilindridad es una tolerancia compuesta, dado que es una mezcla de redondez de todas las secciones rectas y de rectitud del eje y todas las generatrices. Por eso, en general se recomienda usar por separado cada una de las tolerancias simples. Sólo debe usarse la tolerancia compuesta cuando se precise controlar todos estos aspectos simultáneamente y con el mismo nivel de precisión.

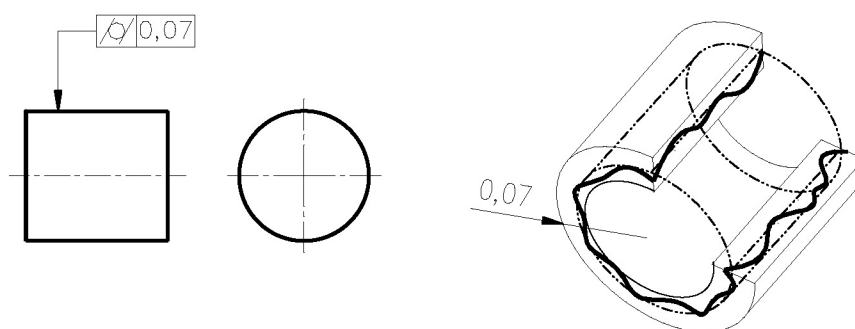


Figura 2.154 Tolerancia de cilindridad

2.9.6 Tolerancias de perfil

Cualquier línea diferente de una recta o una circunferencia puede ser también controlada. Lo mismo ocurre con cualquier superficie diferente de un plano o un cilindro. La diferencia es que no existe un símbolo particular para cada tipo de línea o superficie, sino dos símbolos genéricos: uno para líneas y otro para superficies.

Entre las normas hay diferencias en cuanto a la denominación de este tipo de tolerancias. Para las normas UNE-EN ISO 1101:2006, se trata de tolerancias de «forma con elementos simples o asociados», mientras que ASME Y14.5M:1994, se trata de «perfiles». Entendiendo esta última norma que un perfil se forma por la proyección de una figura tridimensional sobre un plano o realizando una sección recta a la figura.

Para este tipo de tolerancias, es obvio que la forma teórica y «perfecta» de dicha línea o superficie debe estar definida con anterioridad. Por tanto, se deberá definir en cada caso, utilizando para ello las vistas y cotas necesarias. Para indicar estas cotas se incluye la cifra de la misma dentro de un

recuadro realizado con línea fina. Con tal representación se indica que se trata de una «cota teóricamente exacta» necesaria para la definición de esos elementos de referencia teóricos, y evidentemente no puede ser objeto de tolerancia dimensional (ver figura 2.155).

A semejanza de lo dicho para redondez y cilindricidad, la diferencia entre perfil de una línea y perfil de una superficie es que en el caso de perfil de una línea el control es bidimensional, mientras que en el perfil de una superficie el control es tridimensional. Por lo tanto, el énfasis se pone en controlar cada perfil por separado, o controlar simultáneamente todos los perfiles de la superficie.

Por último, hay que destacar que estas tolerancias pueden ser tanto intrínsecas como extrínsecas. Esto se debe a que limitan la forma de una línea o superficie genérica, pero existe la posibilidad de que no la limiten únicamente respecto a sí misma, sino respecto a un elemento de referencia. En cierto modo, pueden limitar simultáneamente la forma, la orientación y la posición de la línea o la superficie.

Forma de una línea

Esta tolerancia se aplica a perfiles completos, formados por un encadenamiento de líneas simples y/o complejas. La tolerancia impone que el perfil indicado debe estar comprendido entre dos perfiles adyacentes, equidistantes de la forma teórica, y separados en su dirección normal el valor de la tolerancia. El concepto de equidistancia se entiende como una generalización del concepto de paralelismo. Se toma como líneas equidistantes las envolventes de las infinitas circunferencias de diámetro igual a la tolerancia y cuyos centros ocupan todos y cada uno de los puntos de la línea original. En la figura 2.155 se indica una tolerancia de forma de una línea. En particular se trata del contorno de un agujero coliso para alojar una chaveta.

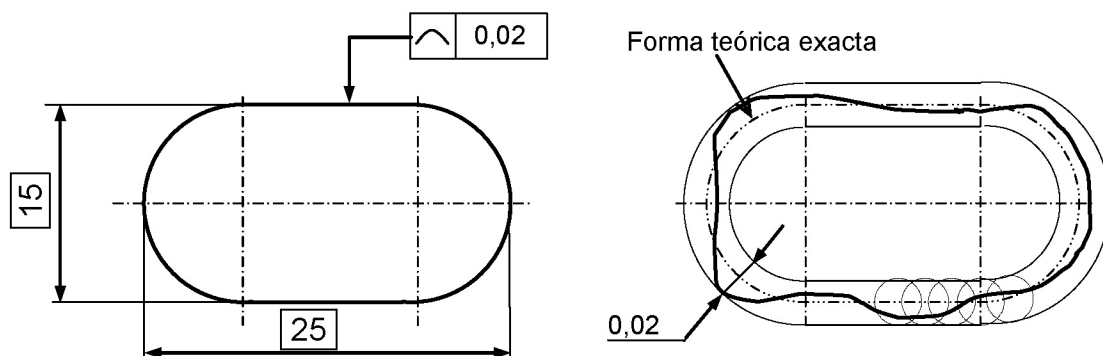


Figura 2.155 Tolerancia de forma de una línea

Forma de una superficie

Cualquier superficie diferente de un plano o un cilindro puede ser también controlada con esta tolerancia, que impone que la superficie de la pieza debe de estar comprendida entre dos superficies con la forma teórica, separadas en su dirección normal el valor de la tolerancia. Es decir, dos superficies equidistantes de la teórica (envolventes de esferas centradas en la superficie teórica y de diámetro igual a la tolerancia). La diferencia respecto al control de forma de una línea es que se controlan todos los perfiles simultáneamente.

La tolerancia de la figura 2.156 impone que la superficie de la pieza debe de estar comprendida entre dos superficies con la forma teórica, separadas en su dirección normal el valor de la tolerancia.

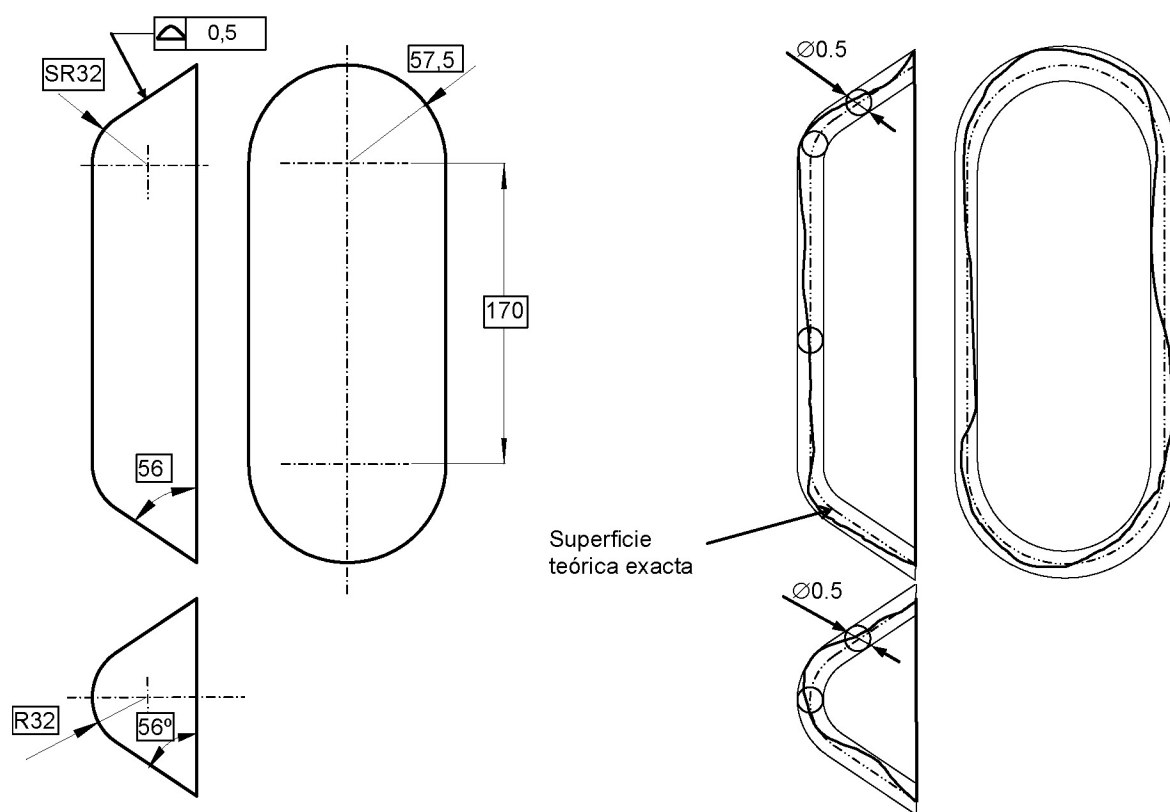


Figura 2.156 Tolerancia de forma de una superficie

En la figura 2.157 se indica una tolerancia de forma de una superficie con referencia. La tolerancia se aplica a una zona de la superficie. Para indicarlo se utiliza una línea gruesa de trazo y punto, adyacente al elemento referenciado, acotando las dimensiones de dicha zona cuando sea necesario. Dicha tolerancia obliga a que la porción de superficie especificada esté contenida entre dos superficies con la forma teórica situadas a ambos lados del perfil teórico la mitad del valor de la tolerancia.

Otra particularidad de la representación de la figura 2.157 se observa en la definición del elemento de referencia respecto al cual se definen las dos superficies. Cuando el elemento de referencia se define a partir de varios elementos, como es este el caso, las letras que identifican dichos elementos se colocan en el recuadro con un guión. De esta forma se indica que la referencia es el plano común a las superficies P y Q. Al tener un plano de referencia, la orientación respecto al plano de la base de la superficie a controlar, también debe ser tomada en cuenta.

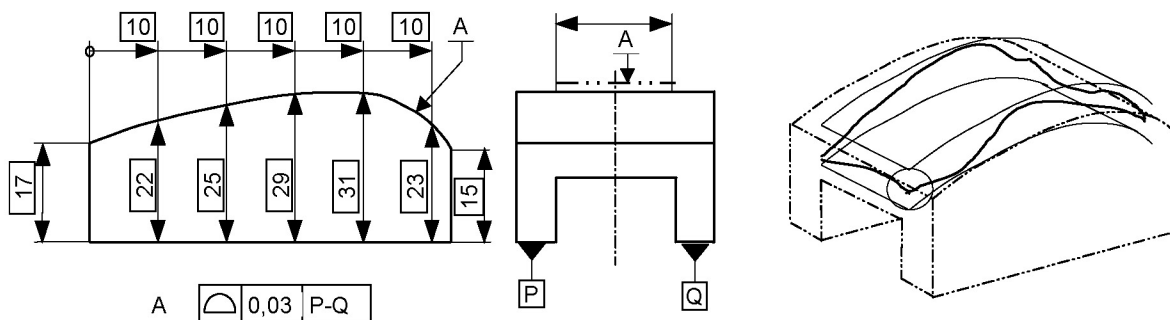


Figura 2.157 Tolerancia de forma de una superficie con referencia

2.9.7 Tolerancias de orientación

Las tolerancias de orientación precisan todas de un elemento de referencia. Controlan la orientación (paralela, perpendicular o con una cierta inclinación) entre dos elementos, que pueden ser rectas o planos.

Tolerancia de paralelismo

La tolerancia de paralelismo se puede aplicar a rectas o planos, y los elementos de referencia a su vez pueden ser rectas o planos.

Si la tolerancia de paralelismo se aplica a una superficie plana, la zona de tolerancia es el volumen definido por dos planos paralelos entre sí, distantes el valor de la tolerancia, y a su vez paralelos al elemento de referencia (figura 2.158).

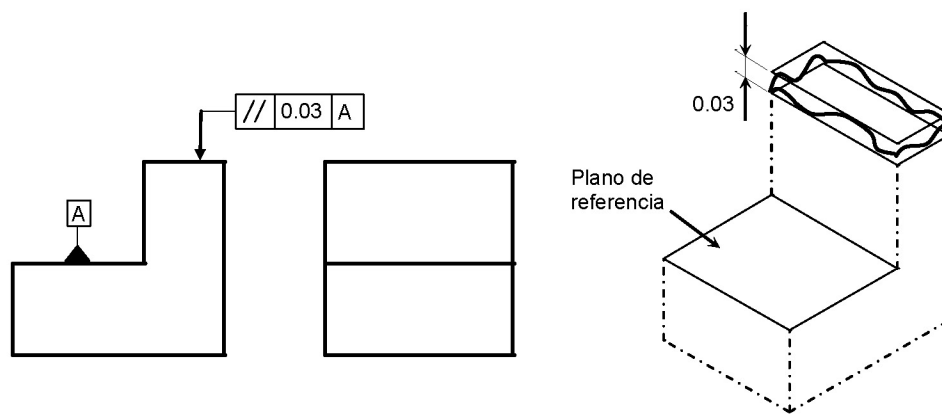


Figura 2.158 Tolerancia de paralelismo aplicada a una superficie plana

Si la tolerancia se aplica a una recta (arista o eje) la zona de tolerancia es la superficie limitada por dos líneas paralelas, distantes el valor de la tolerancia, y a su vez paralelas al elemento de referencia. En el caso de líneas, si se utiliza el símbolo de diámetro para la zona de tolerancia, la zona de tolerancia es el volumen de un cilindro, de diámetro el valor de la tolerancia y de eje paralelo a la línea de referencia (figura 2.159).

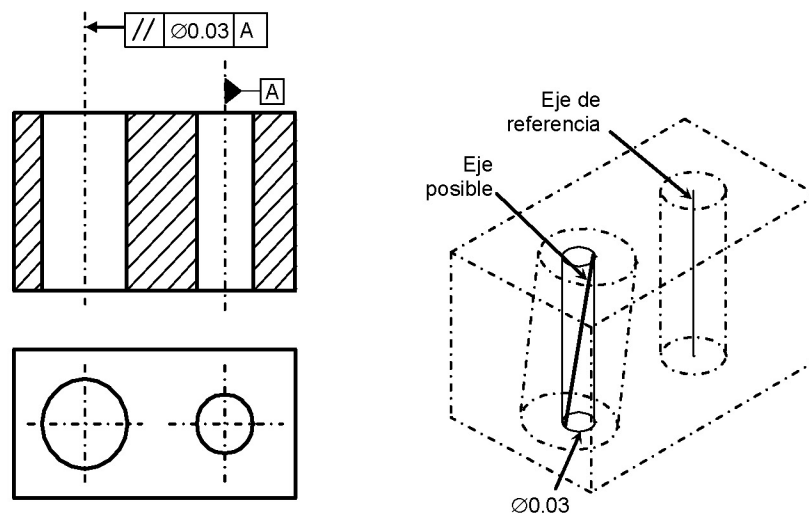


Figura 2.159 Tolerancia de paralelismo con zona de tolerancia cilíndrica

Tolerancia de perpendicularidad

La tolerancia de perpendicularidad se puede considerar un caso particular de la de inclinación, en la que el ángulo es de 90° . Al igual que la anterior, se puede aplicar a rectas o planos, y el elemento de referencia a su vez puede ser una recta o un plano.

En general, la zona de tolerancia es la superficie comprendida entre dos líneas paralelas o el volumen entre dos planos paralelos, siendo a su vez estas líneas o planos perpendiculares al elemento de referencia, y cuya separación es el valor de la tolerancia (figura 2.160).

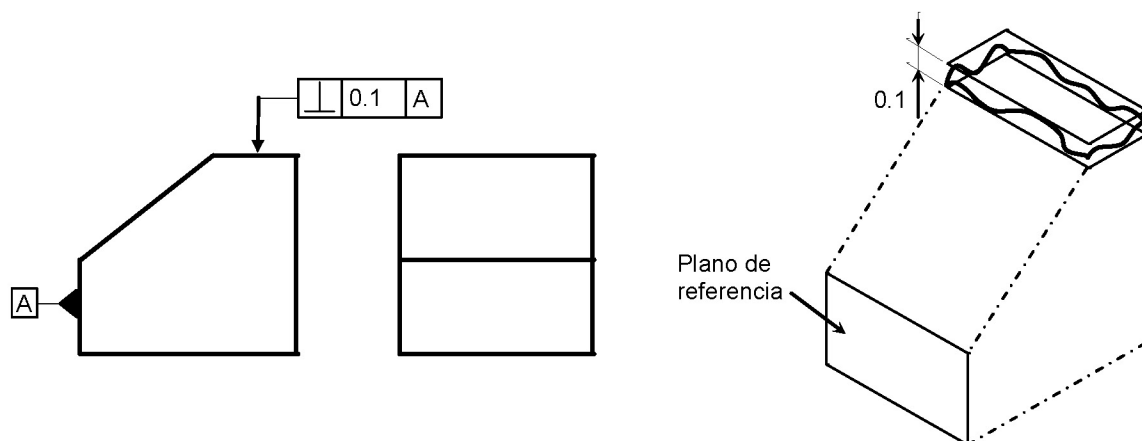


Figura 2.160 Tolerancia de perpendicularidad aplicada a un plano

Para el caso en que se controle la perpendicularidad de una línea respecto de un plano de referencia la zona de tolerancia puede ser también el interior de un cilindro; si se especifica el símbolo de diámetro en la zona de tolerancia, o un paralelepípedo si se controla la línea respecto a dos planos perpendiculares (figura 2.161). En el primer caso el diámetro del cilindro coincide con el valor de la tolerancia y su eje es perpendicular al plano de referencia (figura 2.162).

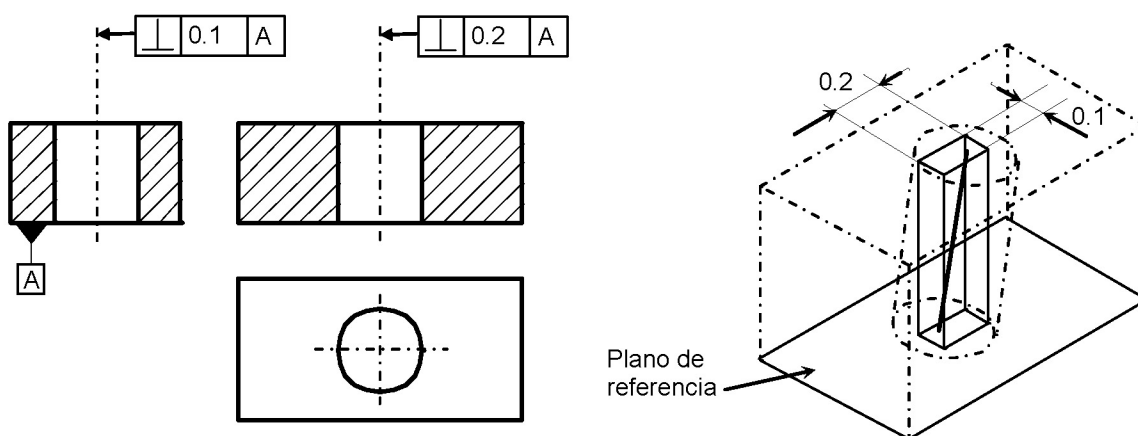


Figura 2.161 Zona de tolerancia paralelepípedica al controlar la perpendicularidad de un eje

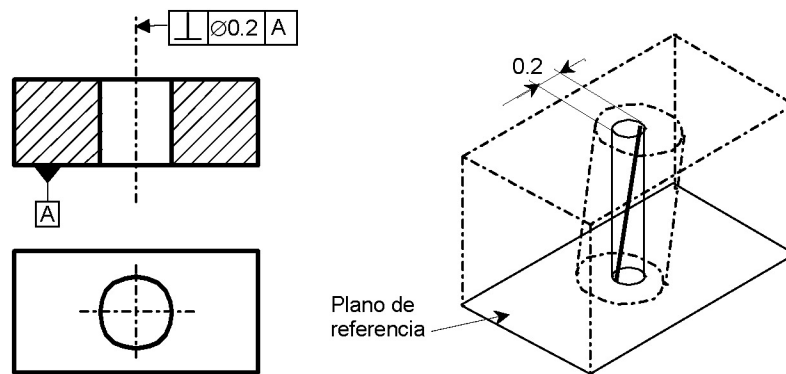


Figura 2.162 Zona de tolerancia cilíndrica al controlar la perpendicularidad de un eje

Tolerancia de inclinación

La tolerancia de inclinación se puede aplicar a líneas o planos, y el elemento de referencia es también una línea o un plano. La zona de tolerancia es, en general, la superficie comprendida entre dos líneas paralelas o el volumen entre dos planos paralelos, inclinados con relación al elemento de referencia el ángulo especificado por la acotación (en este caso se trata de una cota teóricamente exacta y debe ir recuadrada), y separados el valor de la tolerancia (figura 2.163).

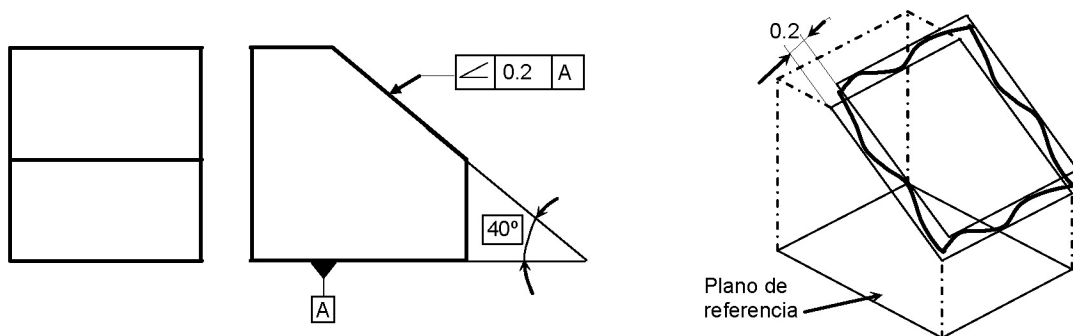


Figura 2.163 Tolerancia de inclinación de un plano respecto a otro plano

Si el elemento controlado es una recta y el de referencia un plano, la zona de tolerancia puede ser también un cilindro de diámetro el valor de la tolerancia y eje inclinado respecto al plano el ángulo indicado por la acotación. En este caso, el símbolo de diámetro precede al valor de la tolerancia (figura 2.164).

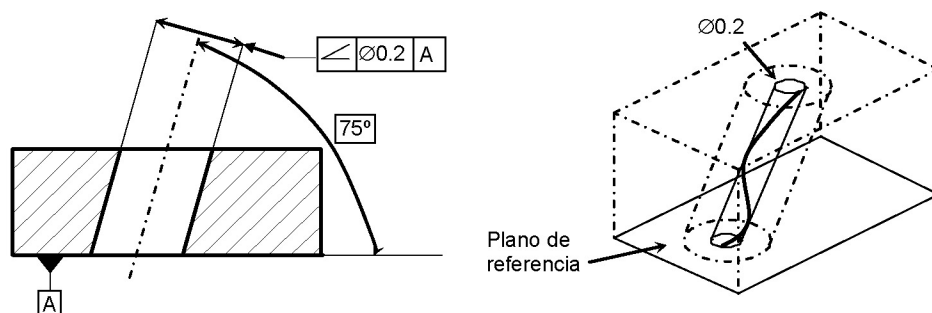


Figura 2.164 Zona de tolerancia cilíndrica para una tolerancia de inclinación

2.9.8 Tolerancias de situación

Las tolerancias de situación precisan de una referencia, ya sea un elemento de referencia o las cotas teóricamente exactas de algunos elementos. Controlan la posición de los elementos e, indirectamente, pueden controlar su forma e inclinación.

Algunas normas utilizan la denominación de tolerancias de posición en lugar de tolerancias de situación para referirse genéricamente a las tolerancias de posición, coaxialidad y simetría. Para evitar errores, recomendamos la denominación genérica de tolerancias de situación.

Tolerancia de posición

Las tolerancias de posición, definidas en UNE-EN-ISO 5458-1999, controlan la desviación de un elemento a partir de la definición de su posición perfecta. En función del elemento que se pretenda controlar la zona de tolerancia puede ser:

- Un círculo, si se controla la posición de un punto en un plano.
- Un cilindro o un paralelepípedo, si se controla la posición de una recta o eje (figura 2.165).
- La superficie entre dos líneas paralelas, si se controla la posición de una línea sobre una superficie.
- El volumen entre dos planos paralelos, si se controla la posición de una superficie plana.

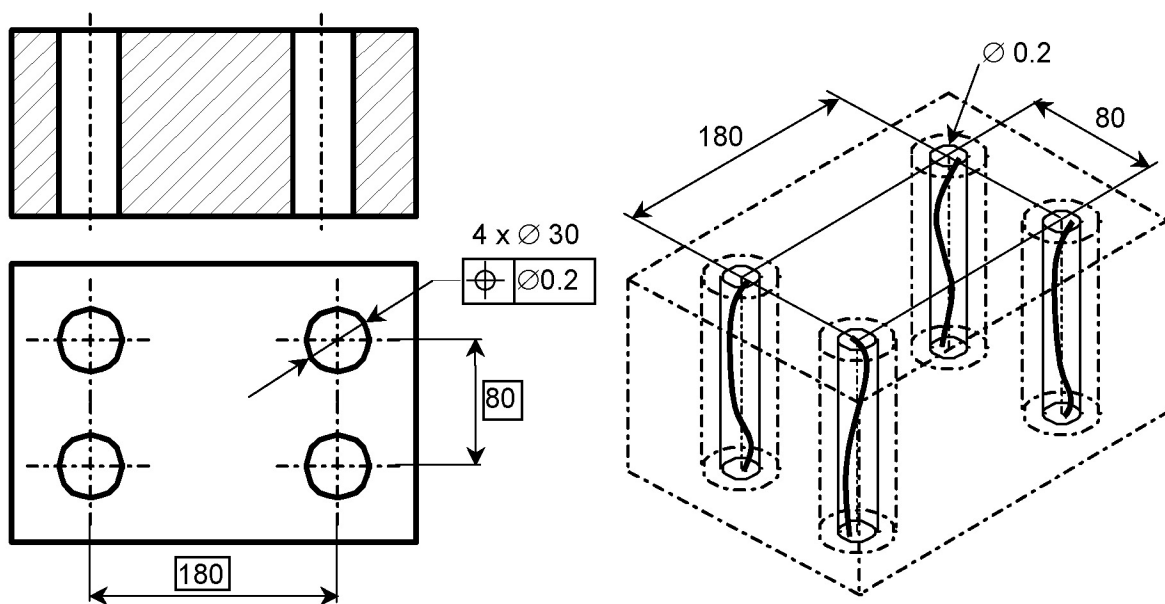


Figura 2.165 Tolerancia de posición para los ejes de cuatro elementos con zona de tolerancia cilíndrica

Tolerancia de concentricidad y coaxialidad

La tolerancia de coaxialidad se puede considerar un caso especial de las de posición en la que el elemento controlado y el elemento de referencia son ejes de cilindros o centros de círculos. Los círculos o cilindros, en su estado perfecto o deseado, deben ser concéntricos o coaxiales, respectivamente. La tolerancia controla las desviaciones de la posición del centro o eje del elemento controlado a partir del centro o eje del elemento de referencia. La zona de tolerancia es un círculo, para el caso de la posición del centro de un círculo, y un cilindro para el caso de la posición del eje de

un cilindro. En el caso de la figura 2.166, el eje de la zona cilíndrica de la izquierda debe estar contenido en un cilindro cuyo eje coincide con el del tramo cilíndrico derecho y tiene un diámetro de 0.1 mm.

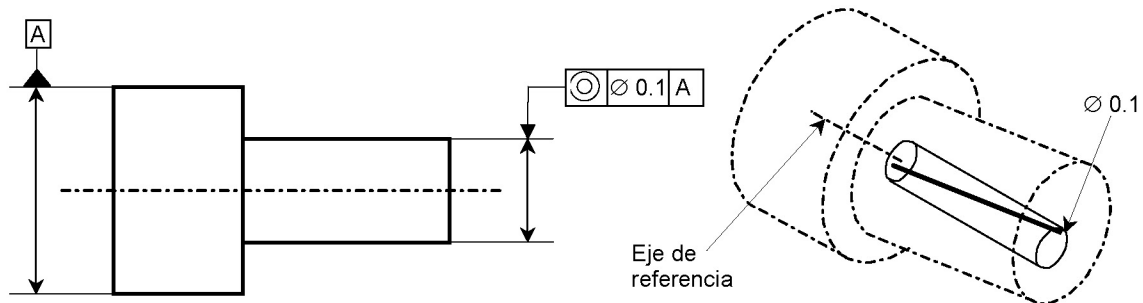


Figura 2.166 Tolerancia de coaxialidad

Tolerancia de simetría

Se puede considerar también un caso particular de las tolerancias de posición, en el que la posición de un elemento se establece a través de su relación de simetría respecto de una referencia.

En general, la zona de tolerancia es la superficie entre dos líneas paralelas o el espacio entre dos planos paralelos (figura 2.167). Estas líneas o planos están dispuestos simétricamente y distantes el valor de la tolerancia. La zona de tolerancia puede ser también un paralelepípedo si se aplican a un elemento dos tolerancias de simetría perpendiculares entre sí.

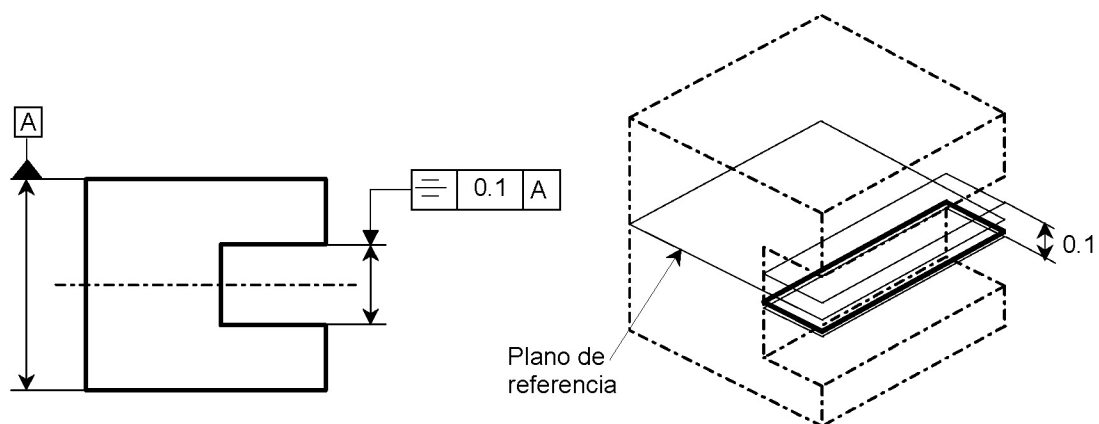


Figura 2.167 Tolerancia de simetría

2.9.9 Tolerancias de oscilación radial/axial

Las tolerancias de oscilación (simple o total) son tolerancias compuestas, es decir, que controlan a la vez una o más características de una pieza. Se aplican a sólidos de revolución, tanto a sus superficies de revolución como a las caras perpendiculares al eje. Se verifican midiendo las desviaciones de un punto de la superficie mientras se hace girar la pieza alrededor de un eje (figura 2.168) o apoyada sobre dos puntos de referencia (figura 2.169). Necesitan, por tanto, de elemento de referencia, que es el eje o los puntos alrededor de los que gira.

Tolerancia de oscilación circular o simple

Una tolerancia de oscilación circular o simple aplicada a una superficie de revolución especifica el valor de la desviación máxima admisible (desplazamiento de la aguja indicadora), en cualquier posición fijada a lo largo de su longitud, mientras la pieza gira una vuelta alrededor del eje de referencia o apoyada sobre los dos puntos especificados (figura 2.168 arriba derecha y 2.169). Cuando se aplican a las caras perpendiculares al eje el valor de la tolerancia es la máxima desviación de dicha cara en cualquier radio fijado (figura 2.168 abajo derecha). Es decir, que en ambos casos se fija en un punto el verificador y se hace girar la pieza, pudiendo ser este punto uno cualquiera de la superficie.

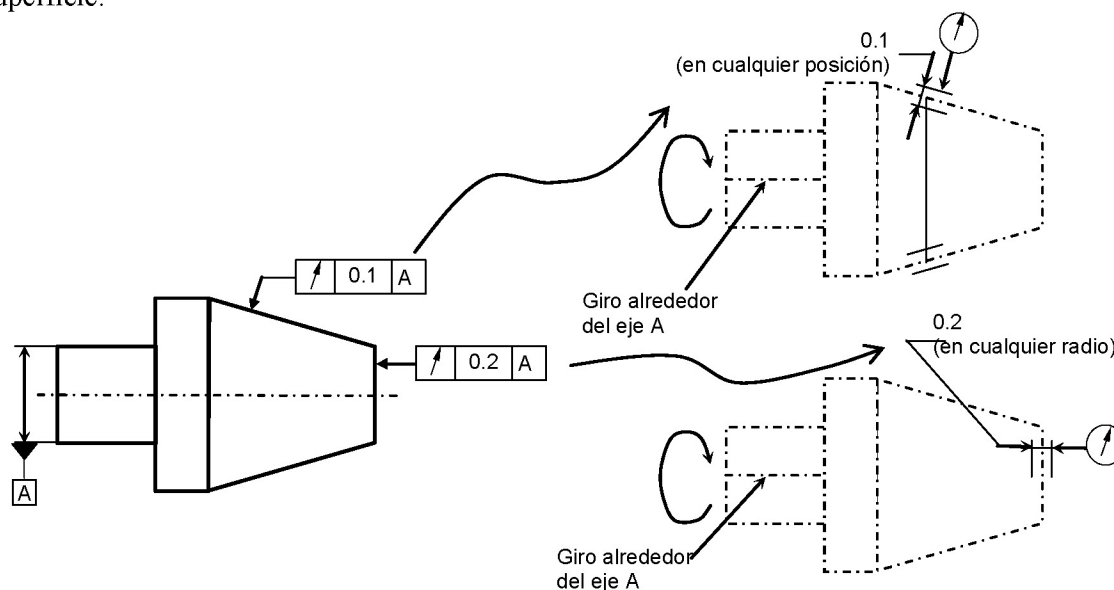


Figura 2.168 Tolerancia de oscilación circular o simple. a) aplicada a una superficie de revolución (arriba derecha) y aplicada a una cara plana perpendicular al eje de giro (abajo derecha)

Nótese que en el caso de caras perpendiculares al eje no se controla la planicidad de la cara: si la cara es cóncava, pero su concavidad es simétrica alrededor del eje, la aguja indicadora marcará cero para todos los radios. De la misma forma, en el caso de superficies de revolución, no se controla ni la rectitud ni la inclinación de una generatriz.

En ambos casos, superficies de revolución y caras perpendiculares al eje, la desviación se mide en la dirección de la flecha de la línea que sale del rectángulo.

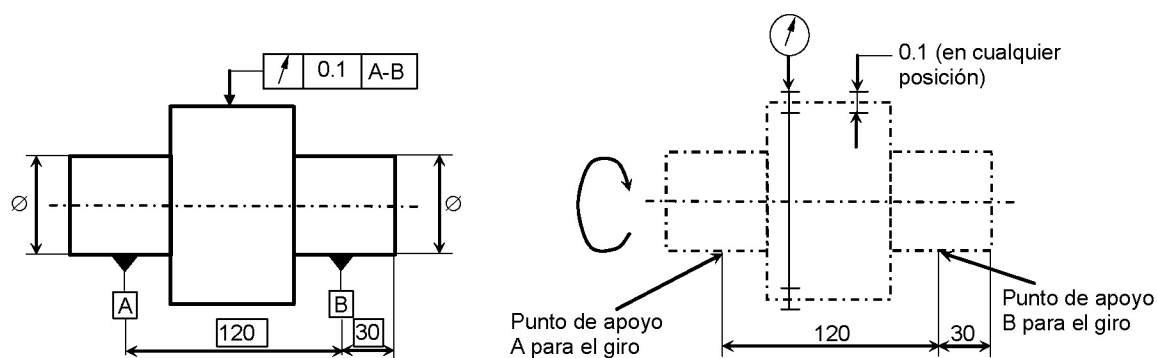


Figura 2.169 Tolerancia de oscilación circular o simple cuyo elemento de referencia son dos puntos

Tolerancia de oscilación total

Una tolerancia de oscilación total controla la máxima desviación admisible de cualquier punto de una superficie. A diferencia de la anterior, en este caso se hace girar la pieza alrededor del elemento de referencia y la verificación se realiza sobre cualquier punto de la superficie, aunque en este caso se incluyen desplazamientos longitudinales del verificador.

Las tolerancias de oscilación total controlan globalmente los errores de forma, orientación y posición. Por ejemplo, la tolerancia de la figura 2.170 controla globalmente el error de redondez, rectitud y coaxialidad. La de la figura 2.171 controla perpendicularidad y planicidad.

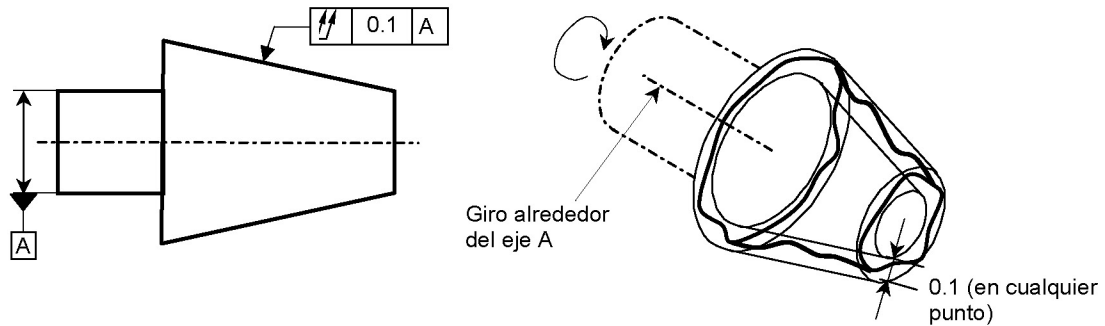


Figura 2.170 Tolerancia de oscilación total aplicada a superficie de revolución

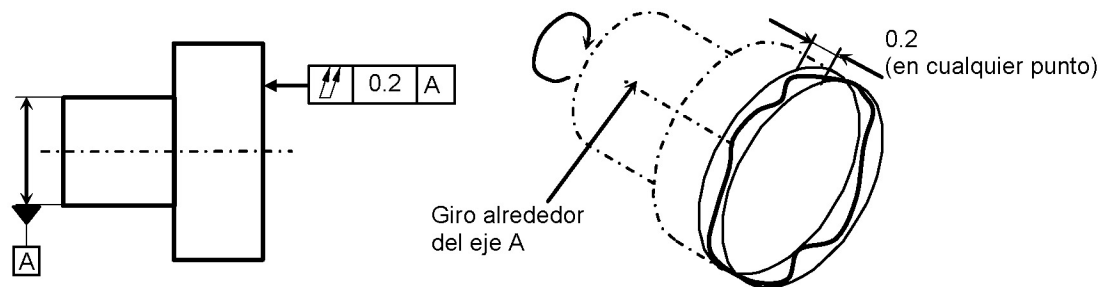


Figura 2.171 Tolerancia de oscilación total aplicada a cara plana

2.10 TOLERANCIAS GENERALES

Las tolerancias generales se utilizan para garantizar la calidad del producto final que se puede conseguir con un procedimiento de fabricación cuidadoso, sin tener que indicar las tolerancias admisibles para todas y cada una de las formas de los numerosos elementos característicos en que se descompone cualquier producto.

Las normas distinguen entre tolerancia general dimensional (ISO 2768-1:1989, UNE-EN 22768-1:1994) y tolerancia general geométrica (ISO 2768-2:1989, UNE-EN 22768-2:1994). Para indicar la condición de tolerancia dimensional y geométrica general, basta con invocar la norma correspondiente (por ejemplo EN 22768-1993, o ISO 2768), seguida de los dos códigos de las clases de tolerancia que se aplican para cada uno de los tipos de tolerancia. La indicación se añade en el cuadro de rotulación y las clases de tolerancia posibles son las especificadas en la propia norma. Un ejemplo de indicación normalizada de la clase de tolerancia se muestra en la figura 2.172. En el ejemplo se aprecia también que una buena práctica es añadir en el cuadro de rotulación las tolerancias correspondientes a la clase de tolerancias que se aplica.

Cuando se aplica una tolerancia geométrica general en un dibujo afecta a dicha característica en todos los elementos de la pieza definida en el plano, a excepción de los elementos que posean una indicación individual de tolerancia. Del mismo modo, al aplicar una tolerancia dimensional en un dibujo, se aplica a todas las dimensiones acotadas, a excepción de las que posean una indicación individual de tolerancia.



Dimensiones lineales	Hasta 6	> 6 - 30	> 30 - 120	> 120 - 400	> 400 - 1000	> 1000 - 2000	> 2000 - 4000
Tolerancias	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2.0
Observaciones: Tolerancias generales según norma ISO 2768 mK		Título:				Plano nº:	
						Hoja nº: de	
Escala 1:1	Un. dim. mm			Dibujado por:		Fecha:	
				Comprobado por:		Fecha:	

Figura 2.172 Indicación normalizada de tolerancias generales

2.10.1 Tolerancias dimensionales generales

Las tolerancias dimensionales se aplican tanto a dimensiones lineales como a dimensiones angulares. Se distinguen cuatro clases de tolerancia, de forma que el valor de la tolerancia depende de la clase elegida y de la dimensión nominal.

a) Dimensiones lineales

En las tablas 2.27 y 2.28 se muestran los valores definidos por la norma UNE-EN 22768-1:1994, equivalente a la ISO 2768-1:1989. Se distingue entre tolerancias generales para dimensiones lineales de aristas matadas (radios exteriores y alturas de chaflán), y el resto.

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0,5 (*) hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000	Más de 2000 hasta 4000
f	fin	± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.5	-
m	media	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2
c	grosera	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4
v	muy grosera	-	± 0.5	± 1	± 1.5	± 2.5	± 4	± 6	± 8

(*) Para valores nominales inferiores a 0,5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente

Tabla 2.27 Tolerancias para dimensiones lineales, excepto aristas matadas (véase tabla 2.28)

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal (mm)		
Designación	Descripción	0,5 (*) hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6
f	fin	± 0.2	± 0.5	± 1
m	media			
c	grosera	± 0.4	± 1	± 2
v	muy grosera			

(*) Para valores nominales inferiores a 0,5 mm, las tolerancias han de indicarse siempre junto a la cota nominal correspondiente

Tabla 2.28 Tolerancias para dimensiones lineales de aristas matadas (radios exteriores y alturas de chaflán)

b) Dimensiones angulares

Las tolerancias generales para dimensiones angulares limitan la orientación general de la superficie, no sus defectos de forma. En la tabla 2.29 se muestran los valores definidos por la norma UNE-EN 22768-1:1994.

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles en función de la longitud del lado menor del ángulo considerado (en mm)				
Designación	Descripción	Hasta 10	Más de 10 hasta 50	Más de 50 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400
f	fin	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 10'$	$\pm 0^\circ 5'$
m	media					
c	grosera	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 10'$
v	muy grosera	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 20'$

Tabla 2.29 Tolerancias para dimensiones angulares

2.10.2 Tolerancias geométricas generales

Las tolerancias geométricas generales abarcan todas las características de tolerancias geométricas, a excepción de las de cilindridad, forma de una línea o una superficie cualquiera, inclinación, coaxialidad, posición y oscilación total. En el caso de tolerancias geométricas se definen tres clases de tolerancia, de forma que el valor de la tolerancia depende de la clase elegida y, en algunos casos, de la dimensión nominal del elemento controlado. La dimensión nominal depende de la naturaleza del elemento.

Tolerancias para elementos aislados

a) Rectitud y planicidad

En la tabla 2.30 se muestran los valores definidos por la norma UNE-EN 22768-2:1994, equivalente a la ISO 2768-2:1989. Para tolerancias de rectitud, la longitud nominal es la propia longitud del segmento. Para planicidad, se toma como longitud nominal la mayor de las dimensiones de la superficie (una diagonal, un diámetro, etcétera).

Clase de tolerancia	Tolerancias por campos de longitudes nominales (en mm)					
Designación	Hasta 10	Más de 10 Hasta 30	Más de 30 Hasta 100	Más de 100 Hasta 300	Más de 300 Hasta 1000	Más de 1000 Hasta 3000
H	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
K	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8
L	0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6

Tabla 2.30 Tolerancias geométricas generales para condiciones de rectitud y planicidad

b) Redondez

Para redondez, la tolerancia general es igual, en valor numérico, a la tolerancia del diámetro; pero se aplica la limitación de que la tolerancia resultante no puede ser mayor que el valor correspondiente a la tolerancia de oscilación circular radial dado en la tabla 2.33.

Tolerancias para elementos asociados

a) Paralelismo

La tolerancia general de paralelismo es igual, en valor numérico, a la tolerancia dimensional o a la tolerancia de rectitud/planicidad, tomando la mayor de ellas. Como longitud nominal se debe considerar al más largo de los dos elementos.

b) Perpendicularidad

La tabla 2.31 indica las tolerancias generales de perpendicularidad. En este caso la longitud nominal es la más larga de las dos cotas que forman el ángulo recto.

Clase de tolerancia	Tolerancias por campos de longitudes nominales (en mm)			
Designación	Hasta 100	Más de 100 Hasta 300	Más de 300 Hasta 1000	Más de 1000 Hasta 3000
H	0.2	0.3	0.4	0.5
K	0.4	0.6	0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

Tabla 2.31 Tolerancias generales de perpendicularidad

c) Simetría

La tabla 2.32 indica las tolerancias generales de simetría. En este caso como longitud nominal se considera la del elemento más largo.

Clase de tolerancia	Tolerancias por campos de longitudes nominales (en mm)			
Designación	Hasta 100	Más de 100 Hasta 300	Más de 300 Hasta 1000	Más de 1000 Hasta 3000
H	0.5			
K	0.6		0.8	1
L	0.6	1	1.5	2

Tabla 2.32 Tolerancias generales de simetría

d) Oscilación circular

Las tolerancias generales de oscilación circular (radial, axial y sobre toda la superficie de revolución) aparecen en la tabla 2.33. Si existen superficies portantes designadas, se deben tomar éstas como referencia; si no, se tomará el elemento de mayor longitud.

Clase de tolerancia	Tolerancia de oscilación circular
H	0.1
K	0.2
L	0.5

Tabla 2.33 Tolerancias generales de oscilación

EJERCICIOS CAPÍTULO 2: DIBUJO DE FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

Ejercicio 2.1 Maneta de accionamiento de máquina herramienta

En la figura 2.1.1, se muestra a escala 3/2 un subconjunto de maneta de accionamiento de un mando de una máquina herramienta. El subconjunto consta de dos piezas: el eje (marca 1) y el casquillo (marca 2). En la figura 2.1.1 se muestra también una parte de la palanca sobre la que se rosca la maneta.

El proceso de fabricación tiene dos características destacadas:

- La superficie cilíndrica exterior del casquillo tiene un moleteado (de tipo RAA 0,8) para facilitar el agarre con la mano.
- El montaje del subconjunto se realiza mediante una operación de remachado del extremo del eje, tras colocar el casquillo, es decir, se trata de una operación de remachar durante el montaje.

Apartado A

Represente las dos piezas que componen el subconjunto, e indique las operaciones de fabricación definidas arriba.

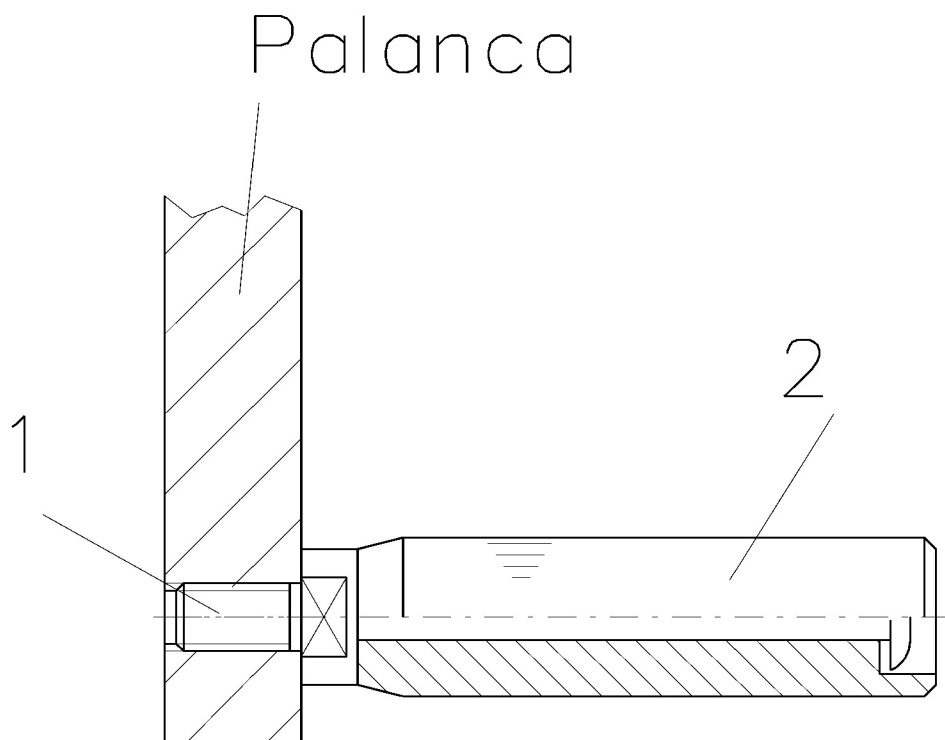


Figura 2.1.1

Ejercicio 2.2 Base angular de anclaje

Se ha representado, en la figura 2.2.1, por medio de una perspectiva explotada en croquis, los elementos que forman una base angular de anclaje. Se desea construir dicha base soldando los cuatro elementos que la constituyen, sabiendo que:

- El tramo de longitud 'e' y diámetro 'd' del elemento 4 se introduce en el agujero 'd' y profundidad 'e' del elemento 1 soldándose por su parte posterior y a todo alrededor por medio de un cordón continuo s3 a tope en U simple y con acabado plano.
- El elemento 3 se soldará al elemento 1 en todo su alrededor por medio de un cordón angular continuo a5 con acuerdo de transición suave.
- El elemento 1 se soldará al elemento 2 por medio de un cordón angular continuo a6 cóncavo.

Una vez realizadas todas las soldaduras se realizarán las siguientes operaciones de mecanizado:

- En los ejes 'p' se realizarán taladros roscados pasantes (rosca métrica).
- En los ejes 't' se realizarán taladros avellanados para tornillos avellanados con ranura.
- En el eje 's' se realizara un taladro cilíndrico pasante

Apartado A

Represente por medio de un croquis la base angular de anclaje con criterio de economía de vistas y cortes, indicando la acotación de los cordones de soldadura y de las operaciones de mecanizado.

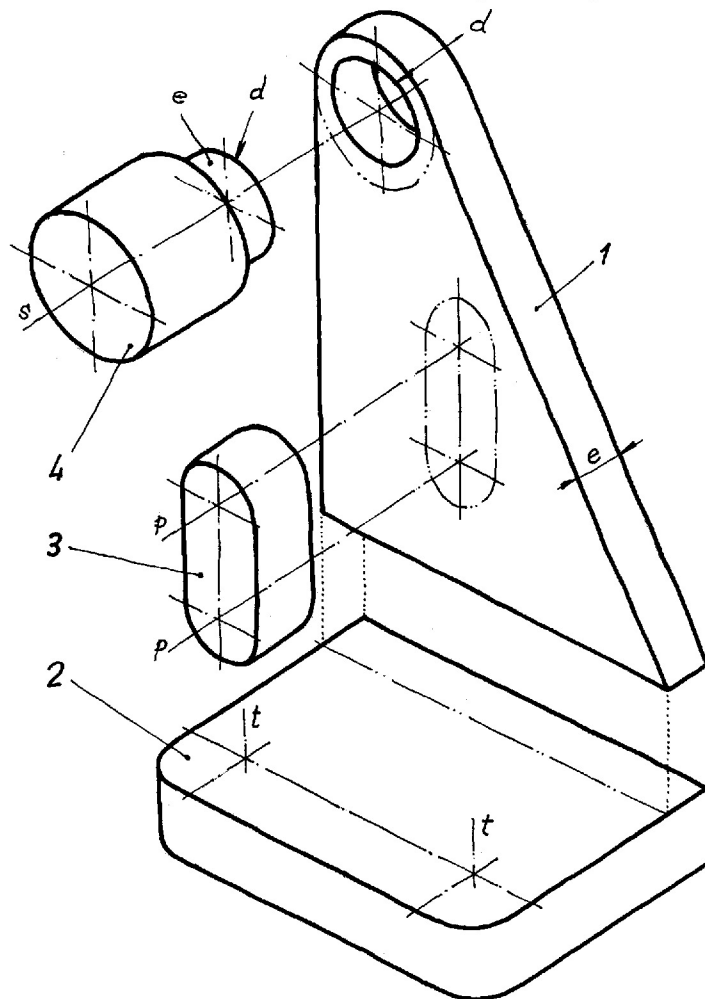
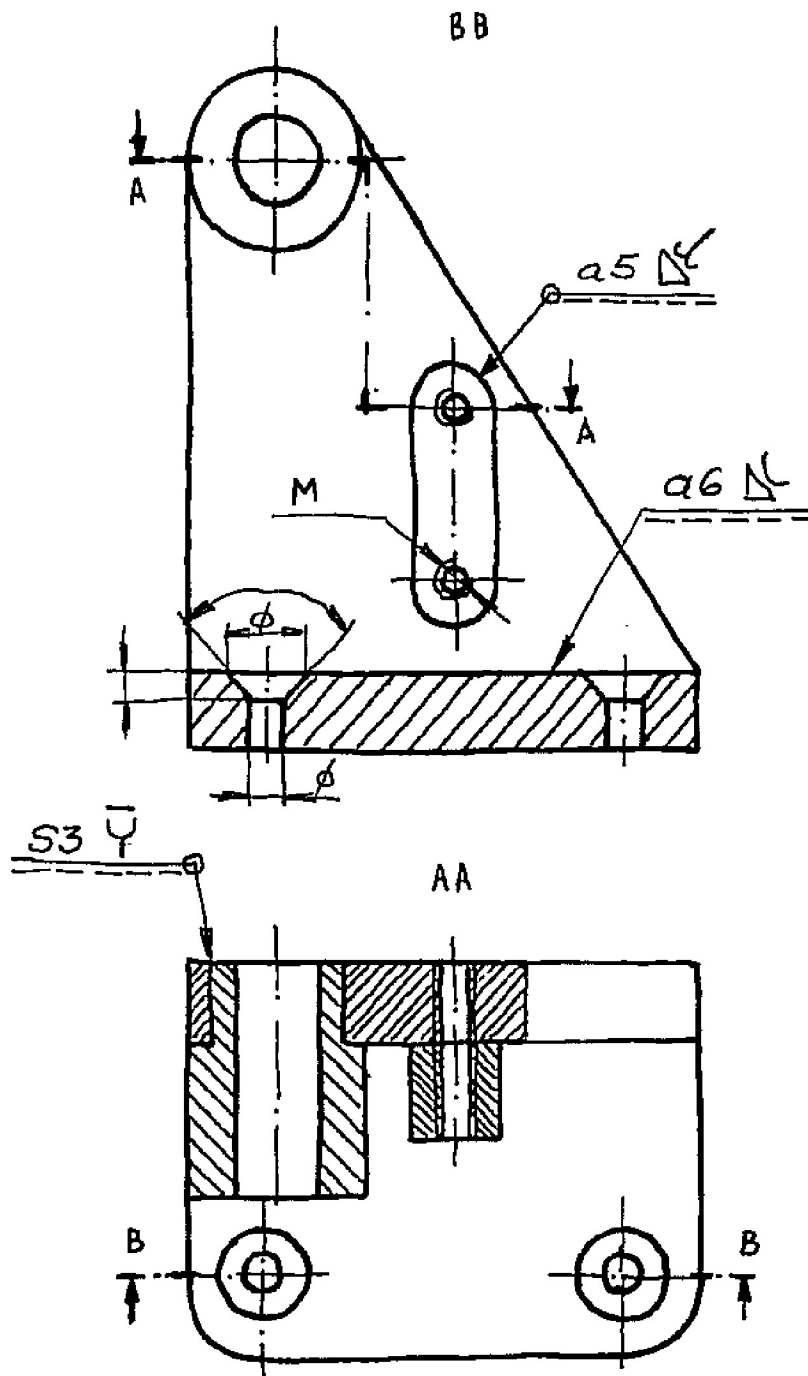



Figura 2.2.1



Observaciones		Título: BASE ANGULAR DE ANCLAJE		Plano nº: c2e02
				Hoja nº: 1 de 1
Escala Sin escala	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 2.3 Soporte de fijación

Se ha representado, en la figura 2.3.1, por medio de una perspectiva explotada en croquis, un soporte de fijación. Se desea construir dicho soporte soldando los cuatro elementos que lo constituyen, sabiendo que:

- El tramo de longitud e y diámetro d del elemento 3 se introduce en el agujero d y profundidad e del elemento 1 soldándose por su parte posterior y a todo alrededor por medio de un cordón continuo s3 a tope en U simple y con acabado plano.
- El elemento 2 se soldará al elemento 1 por medio de dos cordones de soldadura: en la arista superior un cordón continuo a5 en ángulo y con acuerdo de transición suave; en la arista inferior un cordón s4 a tope en V simple con talón de raíz amplio y con acabado plano.
- El elemento 4 se soldará al elemento 1 por medio de un cordón angular z4 cóncavo en las zonas susceptibles de su ejecución.

Una vez realizadas todas las soldaduras se realizarán las siguientes operaciones de mecanizado:

1. En el eje p se realizará 1 taladro pasante compuesto por dos tramos cilíndricos, siendo el primero de mayor diámetro y menor profundidad que el segundo.
2. En los ejes s se realizarán taladros avellanados cilíndricos para tornillos cilíndricos con hexágono interior Allen.
3. En los ejes t se realizarán taladros roscados pasantes.

Apartado A

Represente mediante un croquis el soporte de fijación con criterio de economía de vistas y cortes.

Apartado B

Indique en el croquis del apartado A la acotación de los cordones de soldadura descritos.

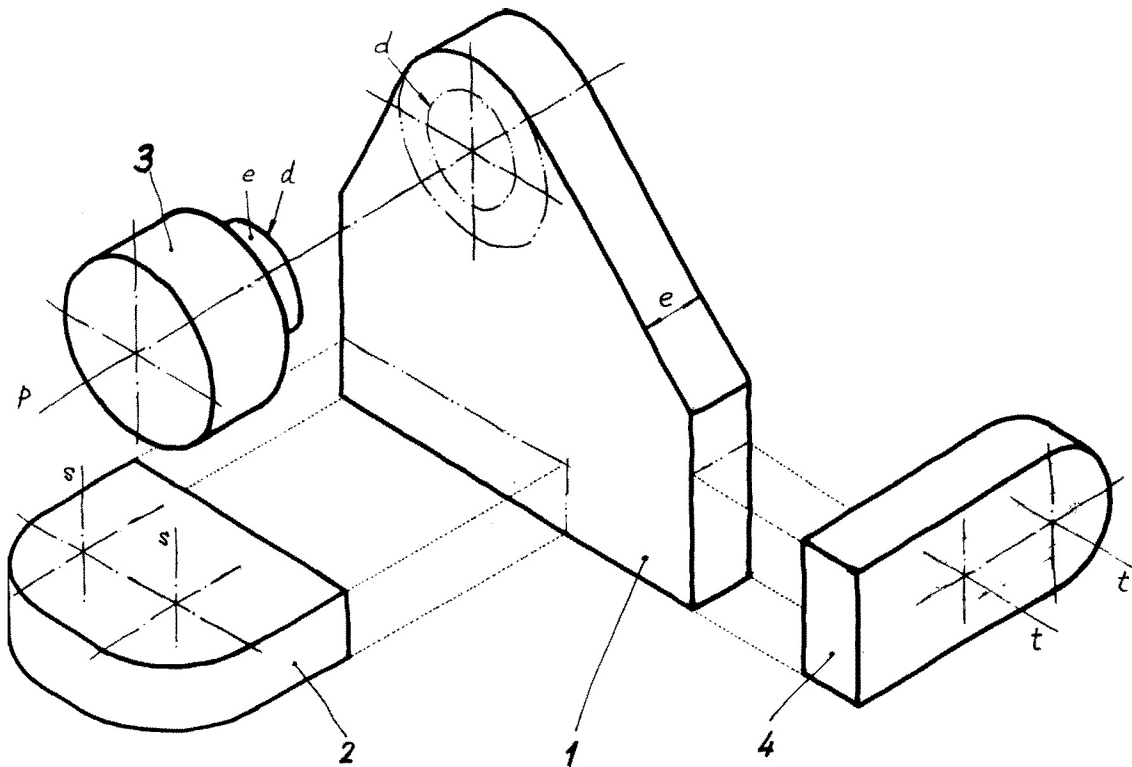
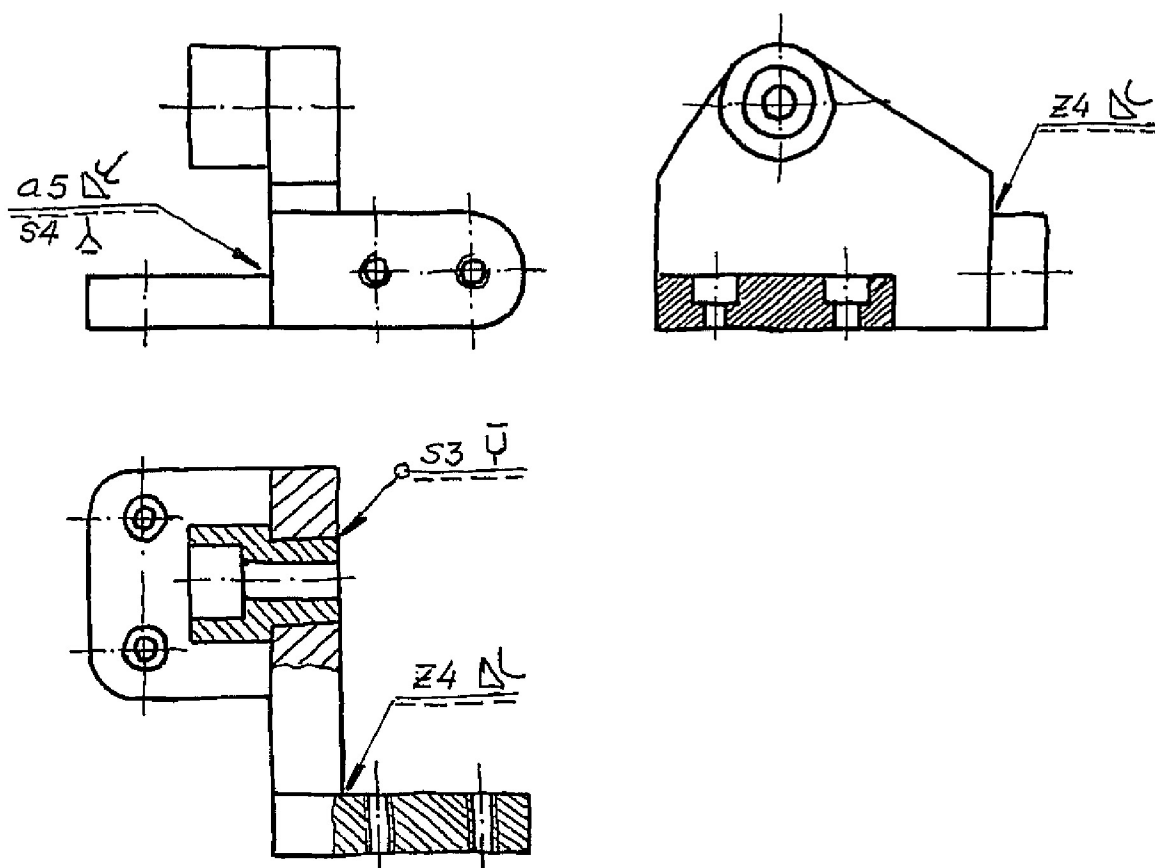




Figura 2.3.1



Observaciones		Título: SOPORTE DE FIJACIÓN	Plano n°: c2e03
			Hoja n°: 1 de 1
Escala Sin escala	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:

Ejercicio 2.4 Respaldo angular de contención

En la figura 2.4.1 se ha representado por medio de una perspectiva explotada en croquis un respaldo angular de contención. Se desea construir dicho respaldo soldando los tres elementos que lo constituyen, sabiendo que:

- El elemento frontal (marca 1) está fabricado en chapa de espesor 10 mm. La forma y dimensiones se obtendrán a partir de la figura 2.4.2, representada a escala 1/3.
- La placa base (marca 3) es chapa de espesor 10 mm, y se soldará al elemento frontal por medio de 3 cordones angulares z6 con acabado cóncavo y de longitud 40 mm cada uno y distancia entre ellos 30 mm. Por la parte inferior se realizará un cordón de soldadura s3 a tope en V simple y acabado plano.
- El tramo de $\varnothing 12$ y longitud 10 del pivote (marca 2) se introducirá en el taladro de idénticas dimensiones del elemento frontal y se soldará al elemento por su cara posterior y en todo su alrededor por medio de un cordón s3 a tope simple con talón de raíz amplio y acabado plano.

Apartado A

Represente a escala apropiada el respaldo angular de contención con criterio de economía de vistas y cortes y acotación completa.

Apartado B

Sobre la representación del apartado A indique la acotación de los cordones de soldadura descritos.

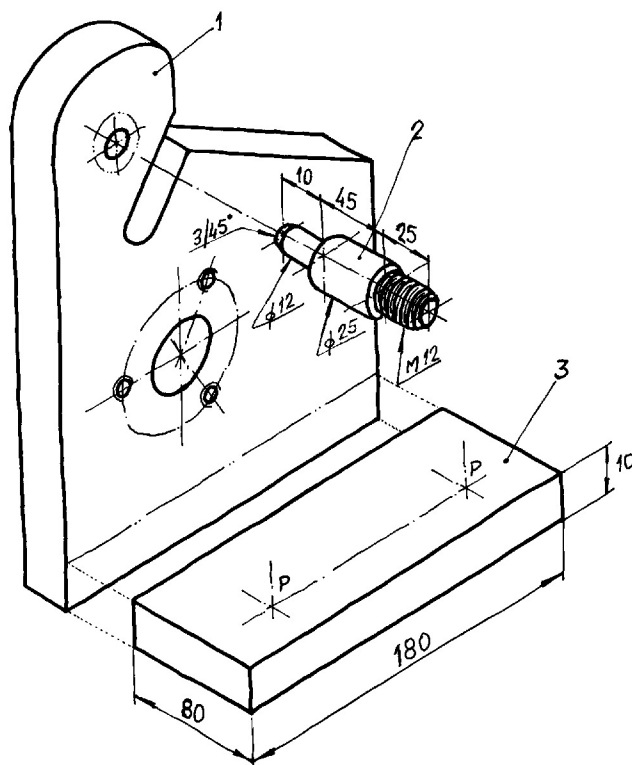


Figura 2.4.1

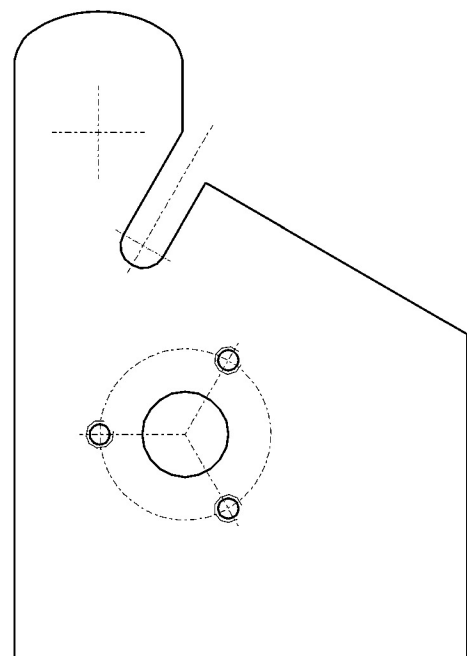
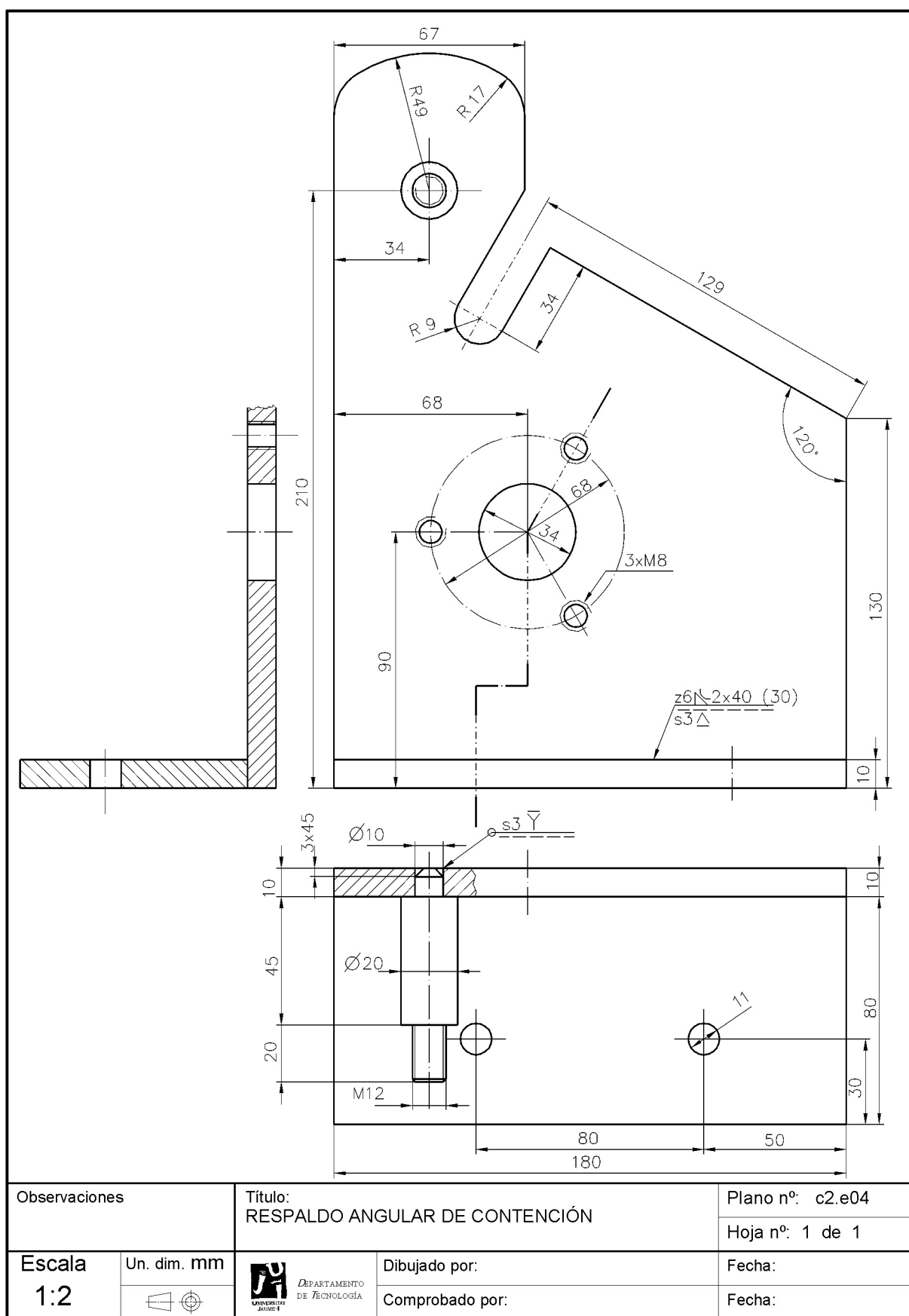


Figura 2.4.2



Ejercicio 2.5 Cigüeñal

En la figura 2.5.1 se han representado una axonometría de un cigüeñal de un motor de explosión monocilíndrico. Las vistas principales se han representado en la figura 2.5.2. Para completar la definición, se debe tener en cuenta que los tramos cilíndricos de los extremos están roscados con rosca de tipo métrico, y el ranurado es cilíndrico de caras paralelas según ISO 14. Las dimensiones se pueden medir sobre la figura 2.5.2, sabiendo que la longitud total es de 320 mm.

Durante el diseño se han determinado algunos criterios que afectan a procesos de fabricación y a calidades de las superficies:

- Fabricación general mediante forja con estampa (sin arranque de material), con una altura máxima de rugosidad (límite superior de especificación unilateral R_z máx) de 40 μm .
- Ranuras fresadas con rugosidad superficial con perfil R desviación media aritmética (R_a) superior de 20 μm e inferior de 6,2 μm .
- Zonas de apoyo de cojinetes (zonas cilíndricas situadas a continuación de las bases mayores de las zonas cónicas) torneadas con rugosidad superficial R_z bilateral; con límite superior de 18 μm e inferior de 6,5 μm .
- Zona cilíndrica de la muñequilla (en el cilindro excéntrico donde encaja la biela), torneada con dos límites superiores de especificación unilateral $R_a = 0,7 \mu\text{m}$ y $R_z \text{ máx} = 3,5 \mu\text{m}$.

Apartado A

Represente a escala apropiada el cigüeñal, con criterio de economía de vistas y cortes y acotación completa.

Apartado B

Sobre la representación del apartado A, indique los criterios de fabricación y calidad superficial especificados arriba.

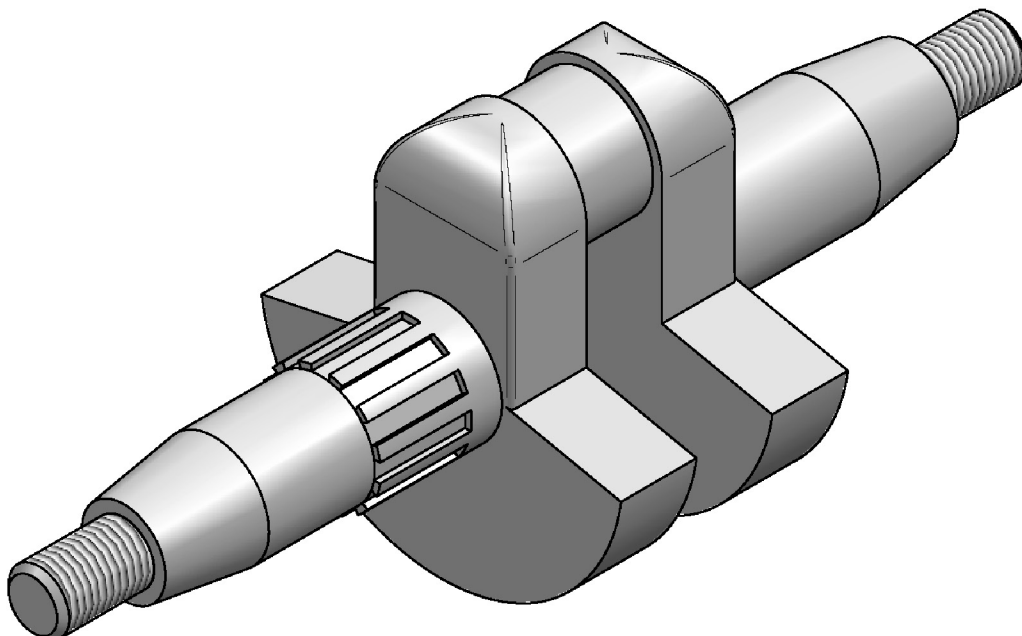
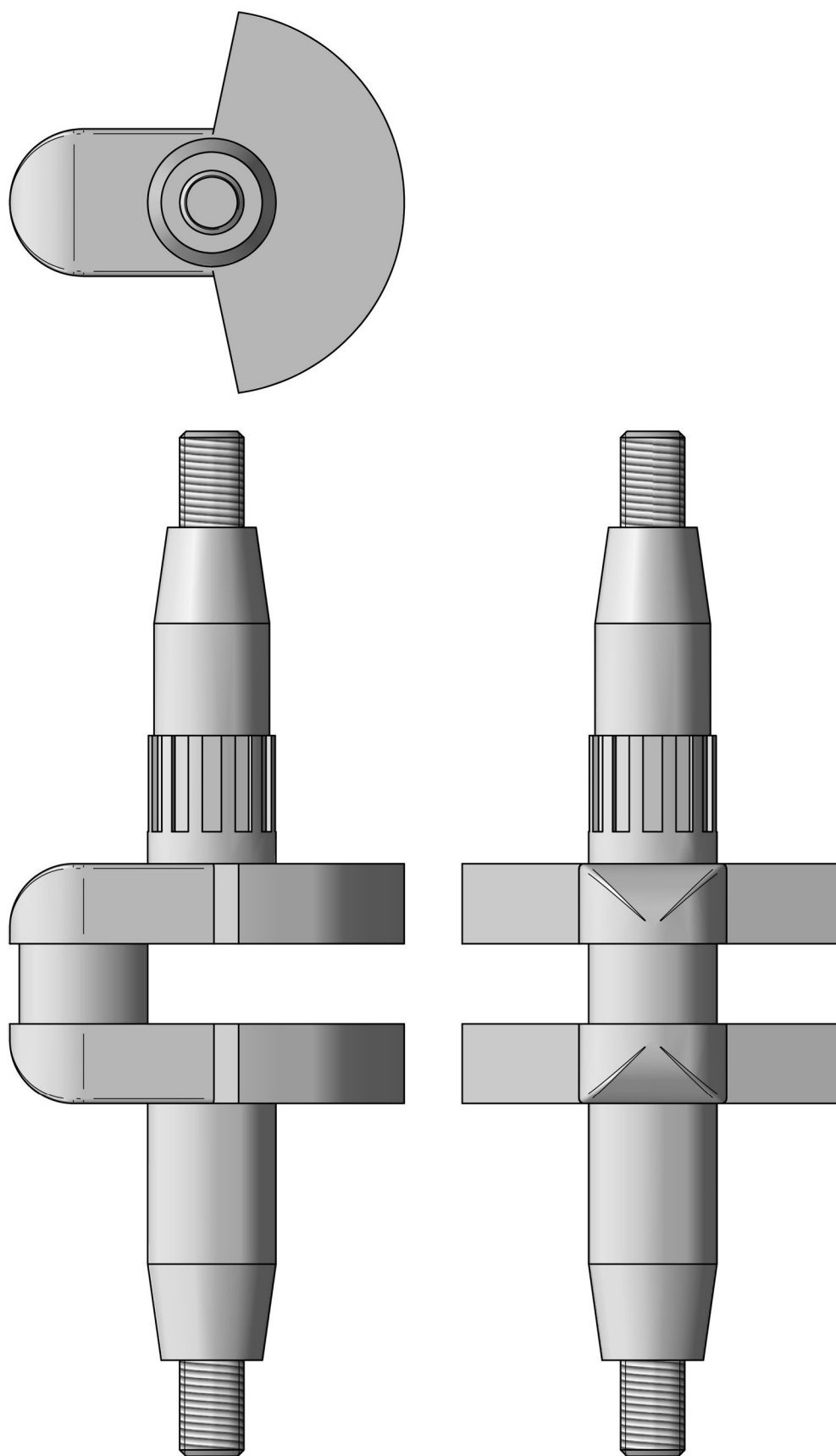


Figura 2.5.1

*Figura 2.5.2*

Ejercicio 2.6 Sillón autoplegable

En la figura 2.6.1 se define por medio de un croquis un sillón autoplegable para una sala de usos múltiples en su posición funcional, compuesto por las siguientes piezas:

Nº piezas	Denominación	Marca	Material y dimensiones
2	Pata	1	Tubo PLF y Acero F1140
1	Asiento	2	Polímero ABS reforzado con fibra de vidrio, forrado de fibra textil ignífuga
2	Apoyabrazos	3	Polímero ABS reforzado con fibra de vidrio, forrado de fibra textil ignífuga
1	Respaldo	4	Polímero ABS reforzado con fibra de vidrio, forrado de fibra textil ignífuga
2	Soporte	5	Acero F 1140
2	Bisagra	6	Acero F 1140

En la posición de reposo (figura 2.6.2) el sillón queda plegado debido al peso del respaldo y al mecanismo «de cuatro barras» de unión entre los elementos. Cuando se ejerce una fuerza hacia abajo sobre el asiento (figura 2.6.3) el mecanismo se pone en acción hasta que el soporte hace tope en el apoyabrazos, lográndose así la posición funcional del sillón (figura 2.6.4).

Las dimensiones expuestas están obtenidas a partir de consideraciones ergonómicas.

La pata del sillón se compone de seis elementos soldados:

- La base, que tiene sección en U invertida y espesor 3 mm, está cerrada en los extremos.
- Para fijar los sillones al suelo cerca de los extremos de la base (en las líneas de ejes indicadas sobre el dibujo de la figura 2.4.1) se sueldan centrados por la parte interior de la U dos elementos cilíndricos macizos de $\varnothing 30$ por medio de un cordón angular z4 convexo a todo su alrededor. Posteriormente se realizan taladros avellanados pasantes para alojar tornillos normalizados de cabeza cilíndrica con hexágono interior tipo Allen M12 x 60 DIN 912, que fijarán la pata al suelo.
- El montante de la pata es de sección rectangular PLF 60 x 40 x 3, y se suelda a la base por medio de un cordón angular de espesor a6 en ambos lados y acabado cóncavo. Para permitir el giro del asiento se realiza un taladro de $\varnothing 20$ a una altura de 400 mm del suelo y para permitir el del soporte se ejecuta un taladro de $\varnothing 16$.
- A la altura del asiento se suelda centrada una aleta (espesor 15 mm) al montante por medio de un cordón angular a6 por ambos lados con transición suave. Para permitir el giro de la bisagra se ejecuta un agujero en forma de corona circular por el que desliza un pivote de $\varnothing 20$.
- La tapa es un pasamano de 115 x 40 x 8 que se suelda centrada al montante por medio de cordón angular a4 cóncavo. Para sujetar el apoyabrazos se realizan dos taladros avellanados para alojar tornillos para chapa $\varnothing 6,3$ DIN 7982.

Las dimensiones no indicadas se deben determinar teniendo en cuenta las consideraciones ergonómicas expuestas y los elementos auxiliares de unión utilizados (tornillos, arandelas, tuercas, pivotes, etc.). Deben definirse además guardando la estética y funcionalidad requeridas.

Apartado A

Represente la pata del sillón por medio de vistas, cortes y acotación completa, indicando en la representación todas las soldaduras.

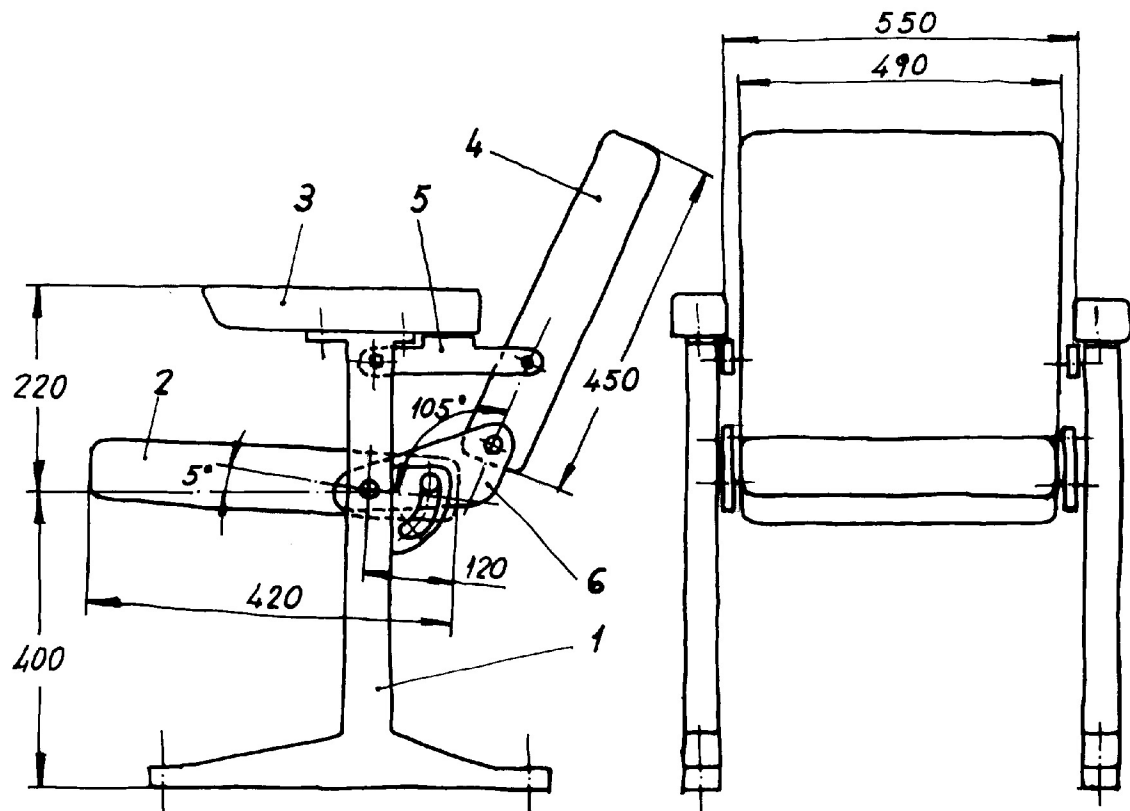


Figura 2.6.1

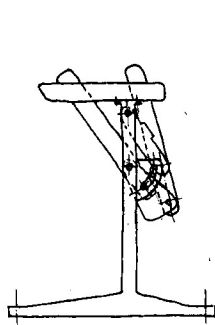


Figura 2.6.2

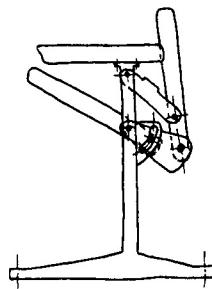


Figura 2.6.3

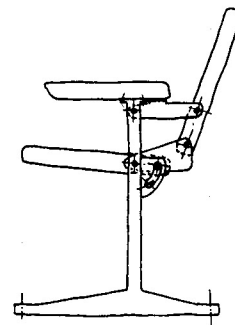
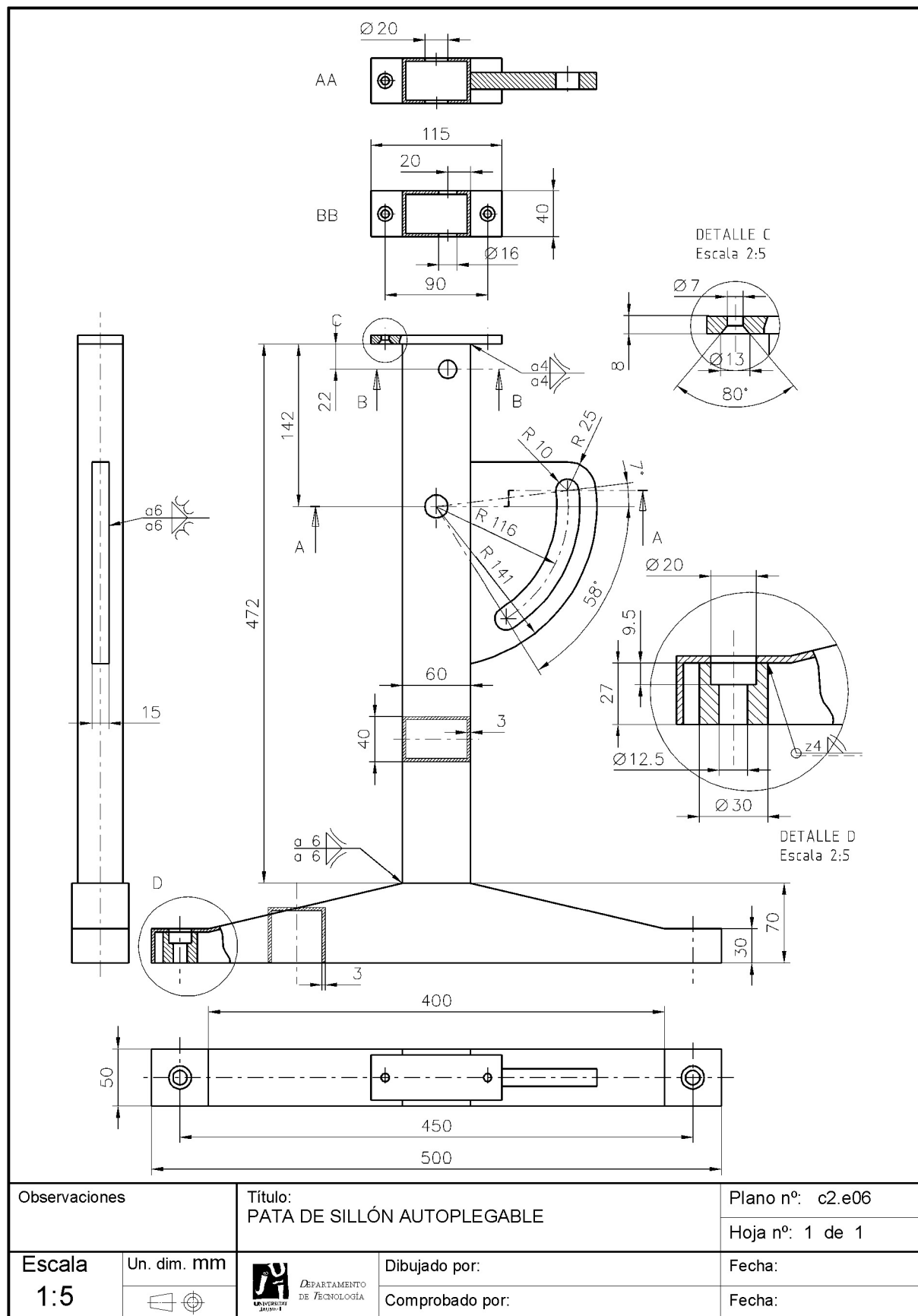


Figura 2.6.4



Observaciones

Título:
PATA DE SILLÓN AUTOPLEGABLE

Plano nº: c2.e06

Hoja nº: 1 de 1

Escala
1:5

Un. dim. mm



DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD
DEL ATLÁNTICO

Dibujado por:

Fecha:

Comprobado por:

Fecha:

Ejercicio 2.7 Cartela de nudo de estructura de barras

Se quiere definir la geometría de una chapa de acero que debe servir como cartela de un nudo de una estructura de barras. El nudo a diseñar debe atar tres barras de la estructura: el montante (1), la diagonal (2) y el cordón (3).

Las orientaciones relativas entre estas tres barras quedan definidas con las dimensiones dadas en el croquis de la figura 2.7.1. En dicha figura se marcan los ejes de las barras, que deben cortarse perpendicularmente a dichos ejes. También se indica la orientación de las tres barras por medio de las correspondientes secciones abatidas con desplazamiento. De la tabla 2.7.1 se pueden obtener las dimensiones de las secciones rectas de los perfiles empleados: para el montante L60 x 6, para la diagonal L80 x 8, y para el cordón L100 x 10.

Los datos de montaje que se han calculado son:

- a) La cartela debe ponerse delante de las tres barras (según la orientación de la figura 2.7.1), descansando sobre la superficie plana definida por las tres alas paralelas al plano del dibujo.
- b) La cartela debe ser una chapa de 6 mm de espesor, soldada con dos cordones discontinuos (de espesor a4, angular plano de 40 mm, con separación de 20 mm) a la cara delantera del ala vertical de la barra 3 (cordón).
- c) La barra 1 (montante) se apoya en la cara trasera de la cartela y va unida a ella por cuatro tornillos M8 x 25, situados al tresbolillo, con sus correspondientes tuercas hexagonales M8 (DIN 934).
- d) La barra 2 (diagonal) se apoya en la cara trasera de la cartela y va unida a ella por cuatro tornillos M6 x 25 alineados, con sus correspondientes tuercas hexagonales M6 (DIN 934).
- e) Las barras deben dejar una separación mínima entre ellas de 10 mm.
- f) Los agujeros de la cartela y de las barras deben tener 1 mm más de diámetro que la caña del tornillo correspondiente.
- g) Los agujeros de la cartela deben estar a 11 mm de separación mutua mínima entre bordes.
- h) La distancia mínima de todos los agujeros a cualquier borde de la cartela, o de una barra, debe ser de 16 mm.

Apartado A

Obtenga la forma y dimensiones de la cartela sobre una representación en sistema diédrico (alzado, planta y perfil) de la unión. Acote completamente la cartela, incluyendo las soldaduras indicadas.

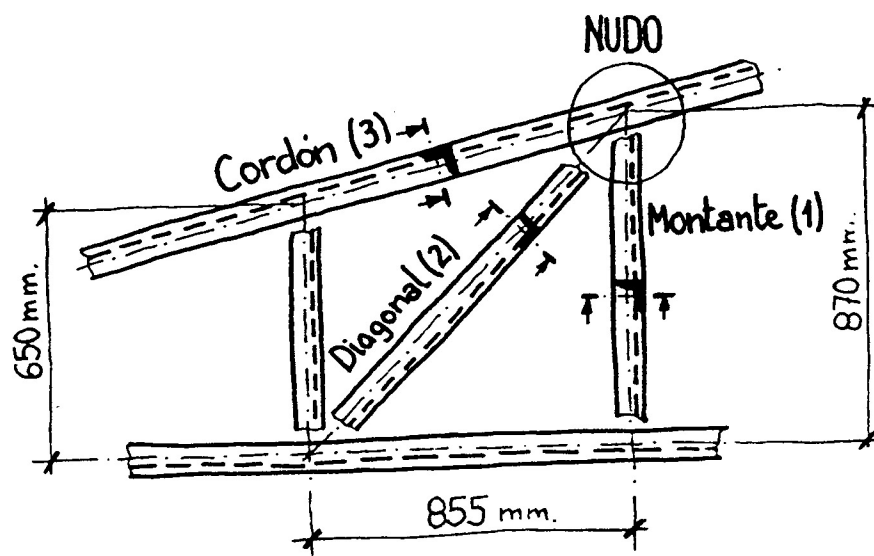
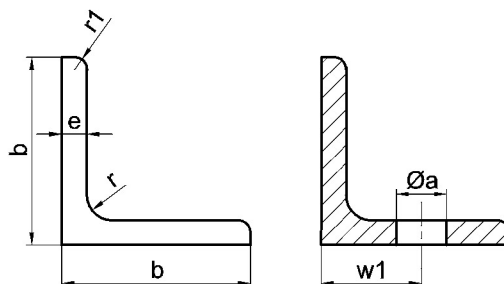


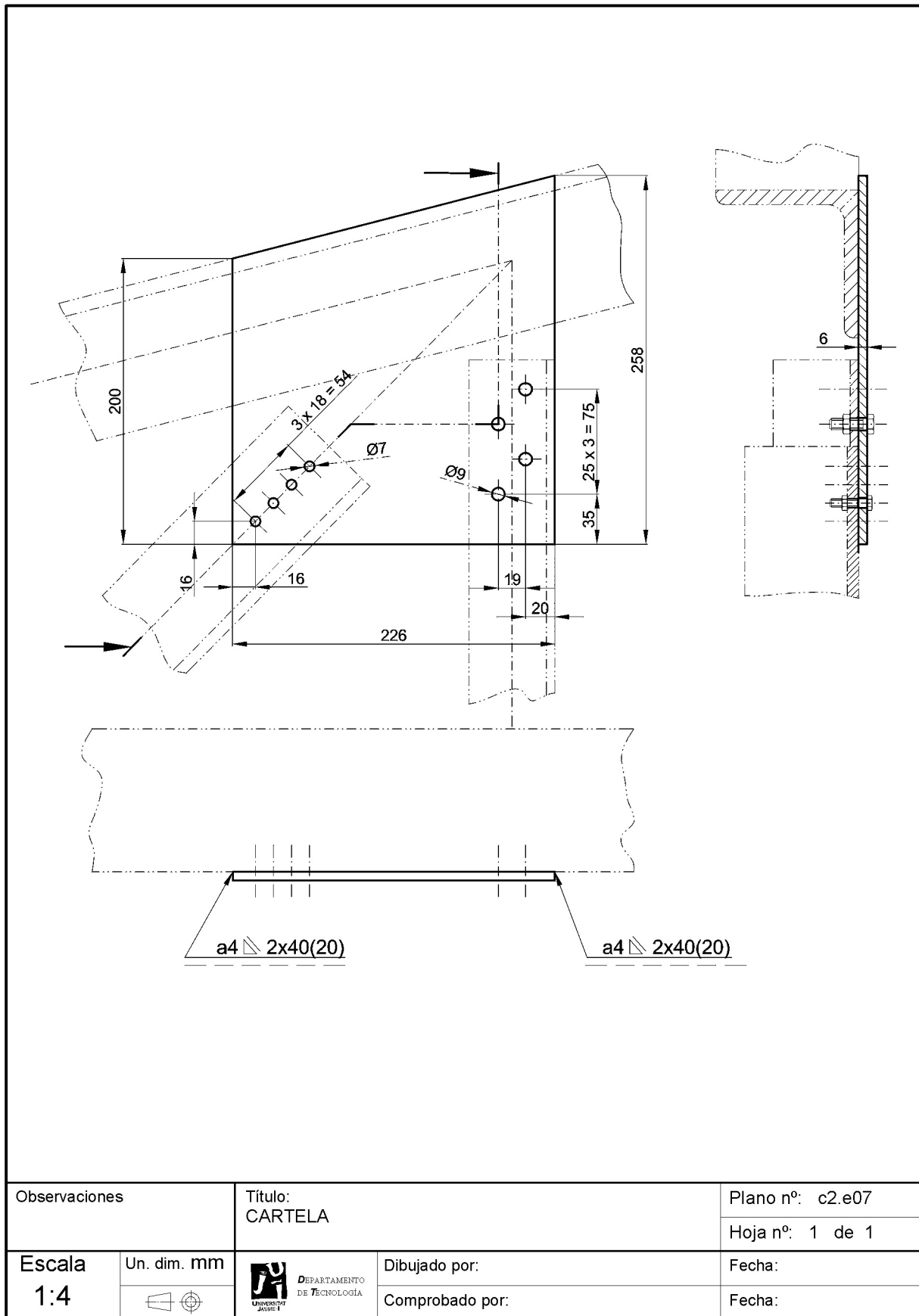
Figura 2.7.1

Perfil L



Perfil	b	e	r	$r1$	$w1$	a
L 60 6	60	6	8	4	35	17
L 80 8	80	8	10	5	45	23
L 100 10	100	10	12	6	45	25

Tabla 2.7.1



Ejercicio 2.8 Estructura de anclaje de grúa

En la figura 2.8.1 se ha representado la estructura desmontable que se utiliza como base de anclaje de grúas pluma usadas en la construcción de edificios.

El conjunto está formado por los siguientes componentes:

- Las dos vigas principales, que están constituidas por sendos perfiles HEB 500 de 4 m de longitud (A). En cada uno de los extremos de dichos perfiles se sueldan unas pletinas rectangulares (A2) de 25 mm de espesor, que quedan enrasadas con la cara inferior del perfil y que sobresalen 50 mm por cada lado y también por la parte superior. Tiene cuatro agujeros de diámetro 30 mm. La pletina se suelda al ala inferior en ángulo, mediante un cordón continuo aplanado. La soldadura con el ala superior es continua, en V simétrica y aplanada.
- Las pletinas A1 se sueldan a la cara inferior del perfil A mediante cordones laterales en ángulo continuos convexos. Las pletinas tienen 30 mm de espesor, son cuadradas y sobresalen 150 mm por cada lado del perfil A y por delante de éste. Se sitúan de forma que las pletinas A2 queden centradas sobre ellas. Tiene cuatro agujeros de diámetro 35 mm situados de forma que quepa la tuerca que se enrosca a los espárragos que los atraviesan para anclar las vigas a la cimentación.
- La pieza se completa con sendas «orejas» A3 que se sueldan a la cara superior del ala de las vigas principales mediante cordones continuos aplanados, tienen espesor de 20 mm y sirven para anclar los tirantes que se describen más adelante.
- El subconjunto travesaño está formado por dos travesaños principales, dos travesaños auxiliares y cuatro calzos:
 1. Dos perfiles HEB 300 de cuatro metros de longitud (B), reforzados por ocho cartelas (B2) situadas de forma que al apoyar el travesaño sobre la viga principal, las cartelas queden enrasadas con los bordes del ala de la viga. Las cartelas se sueldan mediante cordones en ángulo, continuos y convexos.
Cada travesaño principal se completa con dos orejas (B1) que sirven para anclar los tirantes horizontales que se describen a continuación. Las orejas se sueldan frontalmente a las almas de los travesaños, mediante cordones continuos y convexos por ambas caras.
 2. Dos travesaños auxiliares (C), despalmillados (es decir, con sus alas recortadas) y soldados frontalmente a las almas de los perfiles HEB 300 mediante soldadura en ángulo por ambas caras accesibles y con cordón convexo.
 3. Cuatro calzos (D) en los que encajan los tetones soldados en los extremos de los montantes de la torre de la grúa (figura 2.8.2). Los calzos son perfiles huecos rectangulares de 140 x 100 mm de lado, espesor de 6 mm y altura de 200 mm. Se sueldan por el exterior con un cordón continuo sobre las alas de los perfiles HEB 300 a todo alrededor.
Los calzos se sitúan centrados sobre los travesaños principales (B), y los travesaños auxiliares (C) se sitúan alineados con los calzos (D). Los calzos se sitúan de forma que el agujero para el pasador se realiza en el lado mayor del perfil. Los montantes situados en un mismo perfil B se separan 800 mm (distancia entre caras interiores), mientras que en la otra dirección se separan 1 m.
- Cuatro tirantes horizontales, formados por dos perfiles en L 120 x 10 mm despalmillados en sus extremos (F) y empresillados mediante tres presillas de 50 mm de anchura, uniformemente separadas, apoyadas en las alas inferiores y soldadas por los flancos (F1).
- Los tirantes se anclan a las orejas A3, soldadas sobre el ala superior de las vigas principales, y sobre las orejas B1 soldadas a las almas de los travesaños principales (B1). Los perfi-

les que forman los tirantes se deben soldar dejando la separación necesaria entre ellos para que ambos abracen ambas orejas.

- Cuatro tirantes inclinados (E), formados por un perfil HEB 200 con dos orejas E1 en cada uno de sus extremos, solapadas 150 mm sobre el alma, y soldadas al alma mediante soldadura frontal en ángulo, continua y convexa. El extremo inferior se ancla a la oreja A3, y el superior se ancla a una oreja que se suelda centrada en la cara de cada uno de los montantes de la torre de la grúa, situándose el borde superior de la misma a una altura de 2,5 m de la base de los montantes de la grúa y sobresaliendo 150 mm del contorno de cada montante. Las orejas E1 se doblan convenientemente para poder abrazar entre ellas cada una de las orejas indicadas.

El conjunto es desmontable para facilitar su transporte, y se monta mediante un conjunto de piezas complementarias que se describen a continuación. El travesaño se une a las dos vigas principales mediante 16 pernos (cuatro en cada extremo de cada travesaño principal) formados por tornillos de alta resistencia TR20 y sus correspondientes tuercas y arandelas. Los tirantes se sujetan mediante bulones y pasadores, al igual que los tetones de los montantes de la grúa que encajan en los calzos. El diámetro de la sección principal de todos los bulones es 35 mm. En los calzos y en las orejas se practican los taladros necesarios para ensartar los bulones.

Los espesores de las pletinas y orejas no indicados son de 20 mm. La situación de todos los agujeros para los tornillos se debe hacer de manera que la cabeza del tornillo que los atraviesa sea manipulable y que cumplan el criterio de la norma de que las distancias entre los centros de los agujeros y los bordes deben estar entre 2 y 3 veces el valor del diámetro del agujero. El resto de dimensiones no indicadas se deja a criterio del alumno, aunque se debe prestar especial cuidado en aquellas que permiten el montaje (como la posición y orientación de las aletas sobre las que se montan los tirantes).

Apartado A

Represente el conjunto mediante las vistas principales que considere necesarias, añadiendo los cortes que considere convenientes. Represente también en el dibujo las piezas complementarias que permiten montar y desmontar la estructura.

Apartado B

Represente las cuatro piezas principales que componen el conjunto, mediante las vistas, cortes y cotas necesarias.

En las representaciones se deben indicar expresamente todas las uniones soldadas.

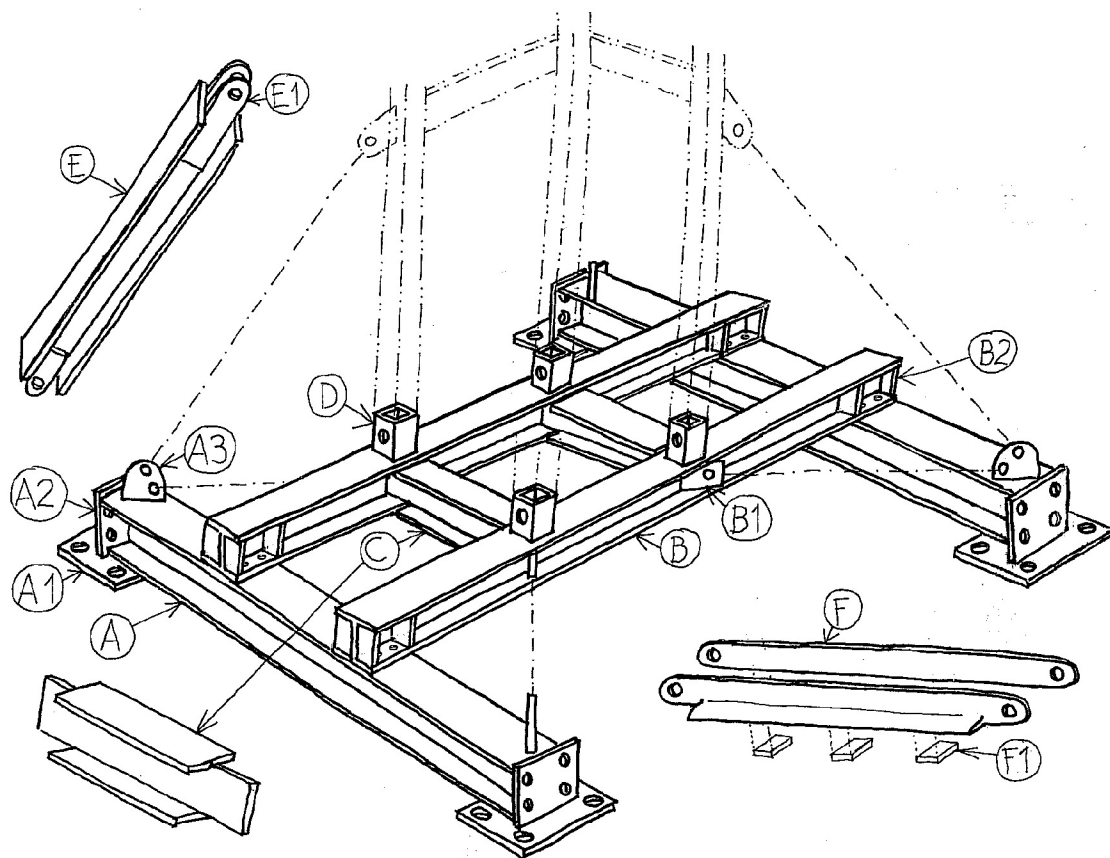


Figura 2.8.1

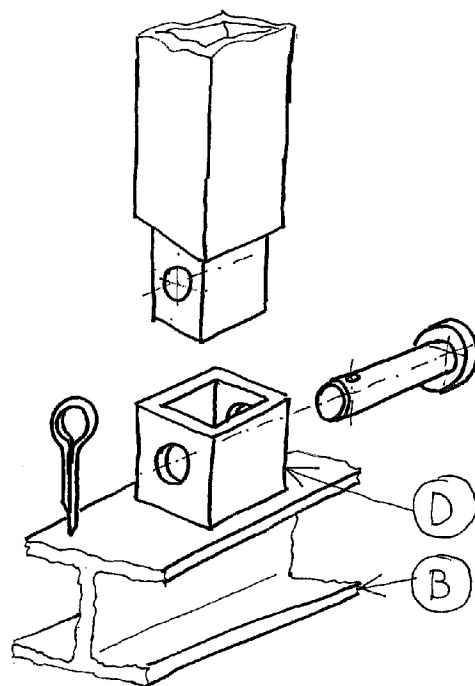
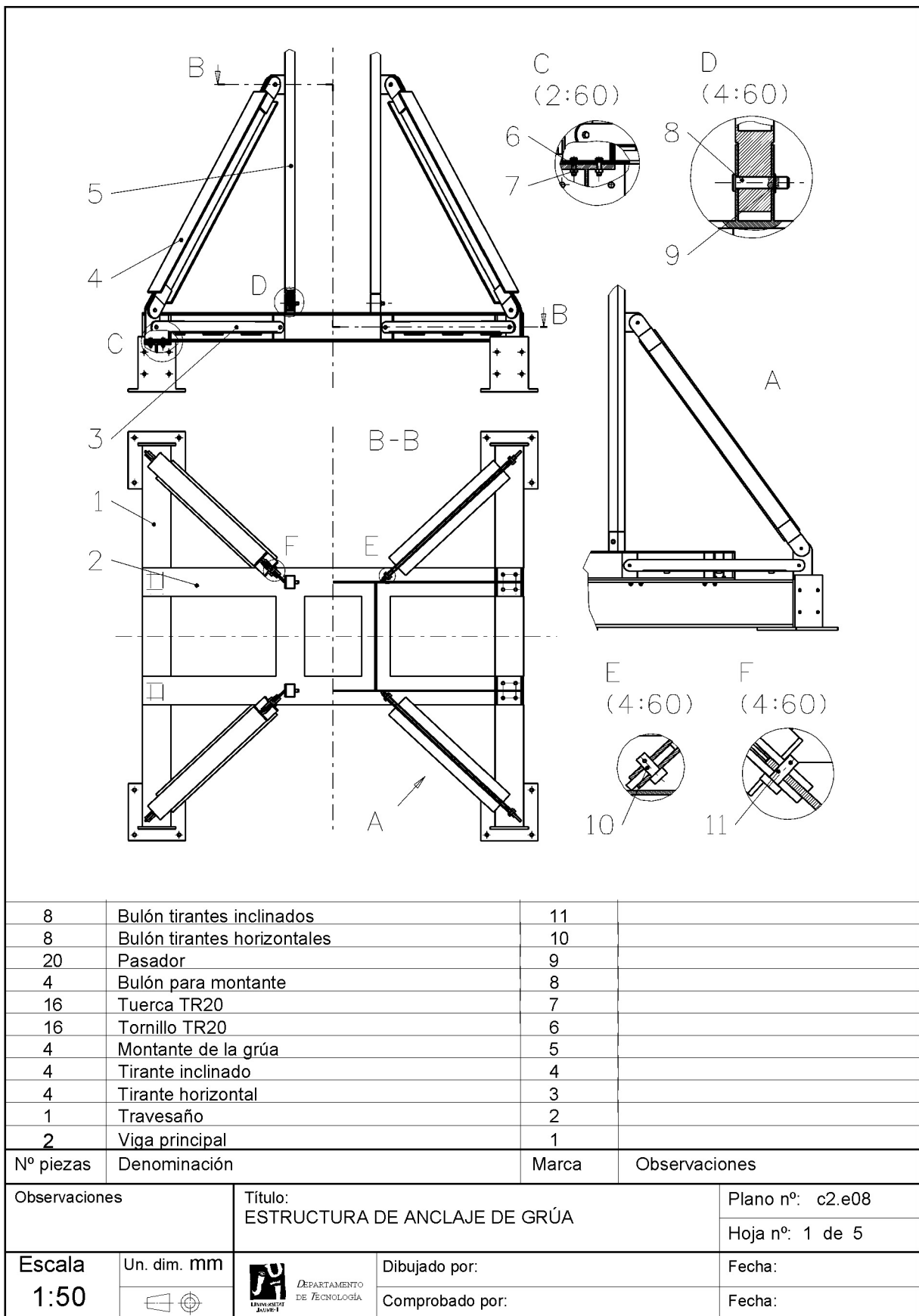
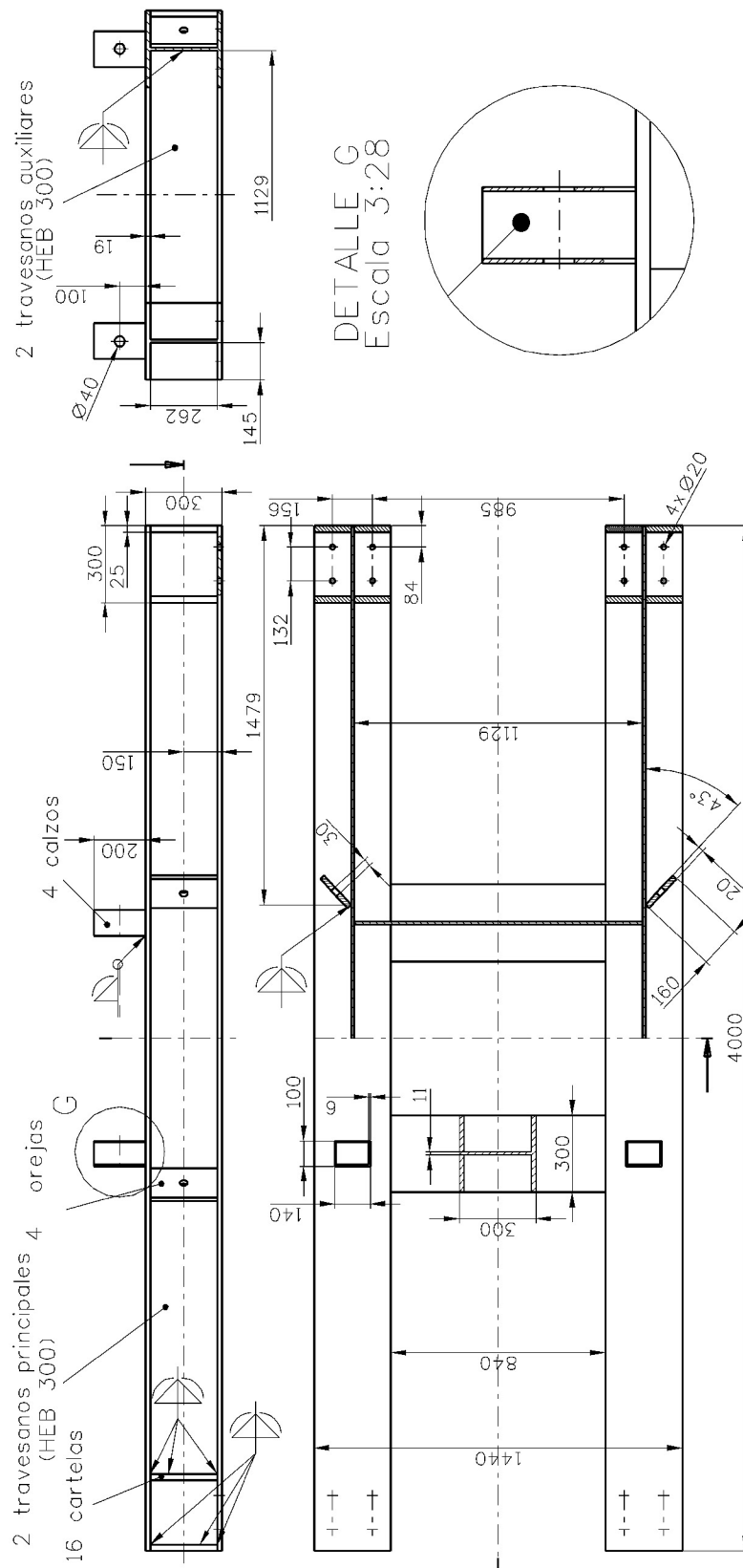

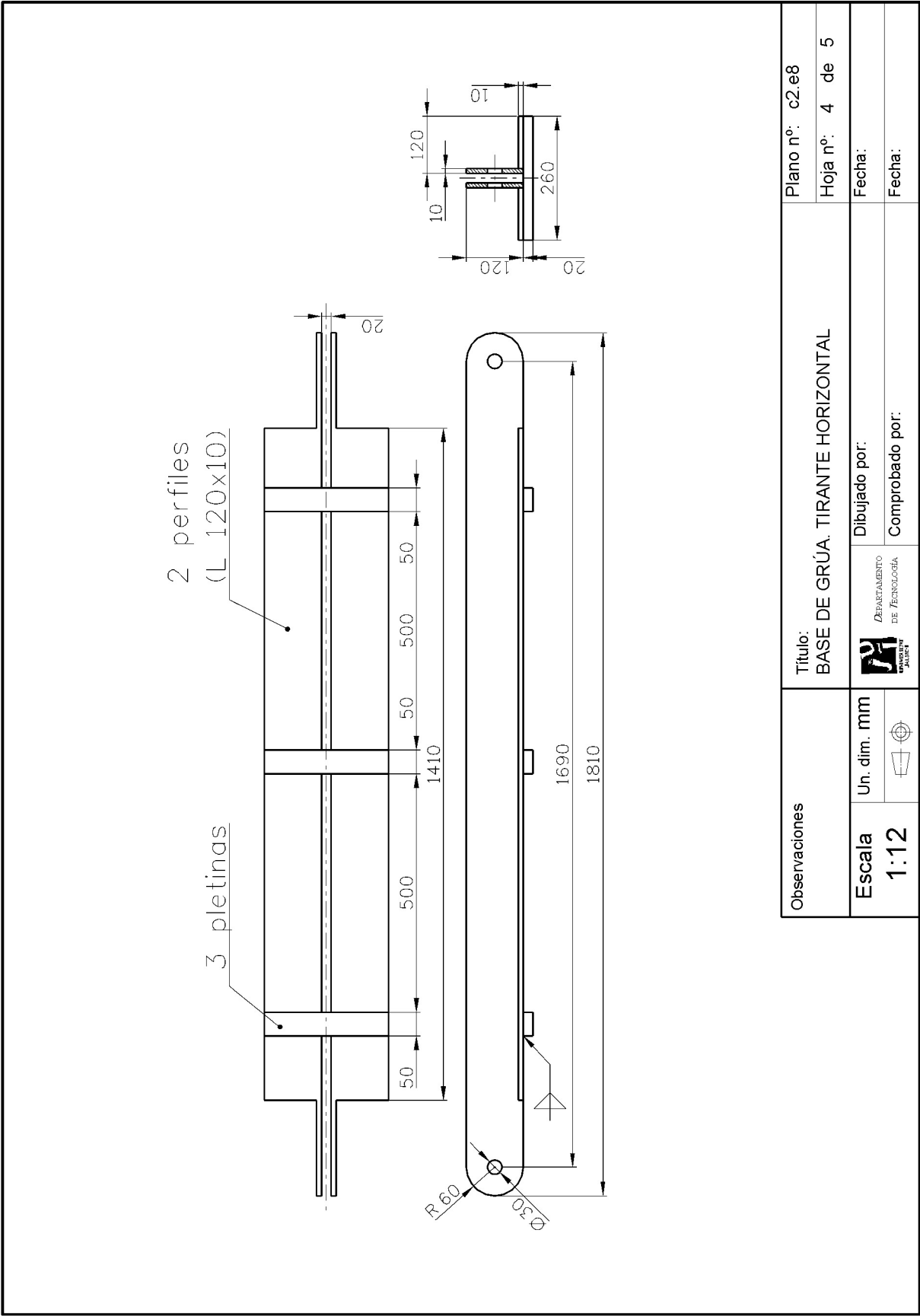


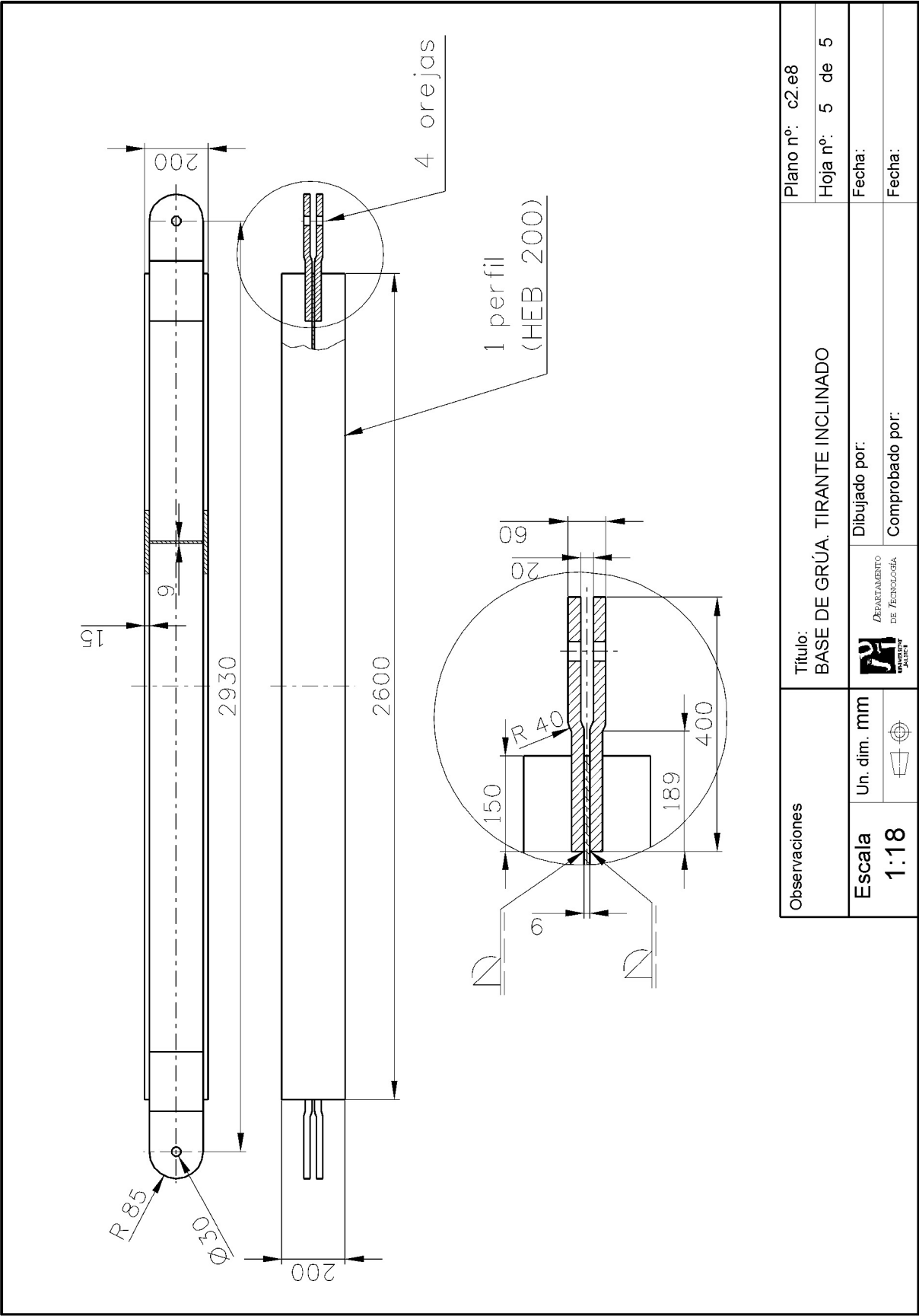
Figura 2.8.2





Observaciones	Título: BASE DE GRÚA. TRAVESAÑO AUXILIAR		Plano n°: c2.e8
			Hoja n°: 3 de 5
Escala 1:28	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA MATERIALES AJUSTE	Dibujado por:
			Comprobado por:





Ejercicio 2.9 Rótula

En la figura 2.9.1 se muestra la vista principal de una rótula que tiene las siguientes características:

- Está compuesta por un casquete esférico (Σ_1), originado al seccionar una esfera de diámetro 118 mm por dos planos α_1 y α_2 . El plano α_1 es horizontal, y está situado a una distancia $d_1 = 50$ mm del centro de la esfera. El plano α_2 está inclinado 50° respecto al α_1 , y está situado a una distancia d_2 del centro de la esfera. La distancia d_2 se debe determinar exigiendo la condición de que la sección que α_2 le produce a Σ_1 sea una circunferencia de diámetro 100 mm.
- El brazo de palanca (Σ_2) tiene el contorno bocetado en la figura 2.7.1, y un espesor constante de 22 mm.
- La pieza consta también de un cilindro recto (Σ_3) de base circular (de 46 mm de diámetro) y altura 50 mm, situado con la base apoyada en la cara superior de Σ_1 y concéntrico con ella.

Apartado A

Obtenga el modelo sólido de la pieza.

Apartado B

Represente a la escala apropiada las vistas diédricas (alzado, planta y perfil) de la rótula con los cortes necesarios para su definición.

Apartado C

Represente y acote cuál sería el valor máximo del espesor de la sección recta del brazo de palanca (Σ_2), exigiendo la condición de que quede inscrita a la base de Σ_1 .

Apartado D

Indique los siguientes acabados superficiales:

- Rugosidad unilateral superior sobre la superficie esférica de Σ_1 con una desviación media aritmética (R_a) de $0,8 \mu\text{m}$.
- Rugosidad unilateral superior sobre la superficie cilíndrica de Σ_3 con profundidad máxima del detalle de rugosidad (R_x) de $40 \mu\text{m}$, conseguida sin arranque de viruta.
- Rugosidad unilateral superior del agujero de Σ_2 con perfil R de máxima altura de rugosidad (R_z) de valor $0,8 \mu\text{m}$.
- El resto de la pieza tiene rugosidad unilateral superior con una desviación media aritmética (R_a) de $12 \mu\text{m}$.

Apartado E

Indique las siguientes condiciones de unión:

- Cordón de soldadura angular a todo alrededor y con acabado cóncavo, de espesor a_6 , sobre la unión de Σ_1 y Σ_3 .
- Cordones de soldadura sobre los lados largos del rectángulo de unión entre Σ_1 y Σ_2 . Los cordones tienen que ser angulares, con acabado plano, de espesor a_5 y longitud la mitad de la arista. Deben estar centrados en la arista.
- Soldadura angular de espesor a_5 de longitud mínima en el centro de cada uno de los lados cortos del rectángulo de unión entre Σ_1 y Σ_2 .

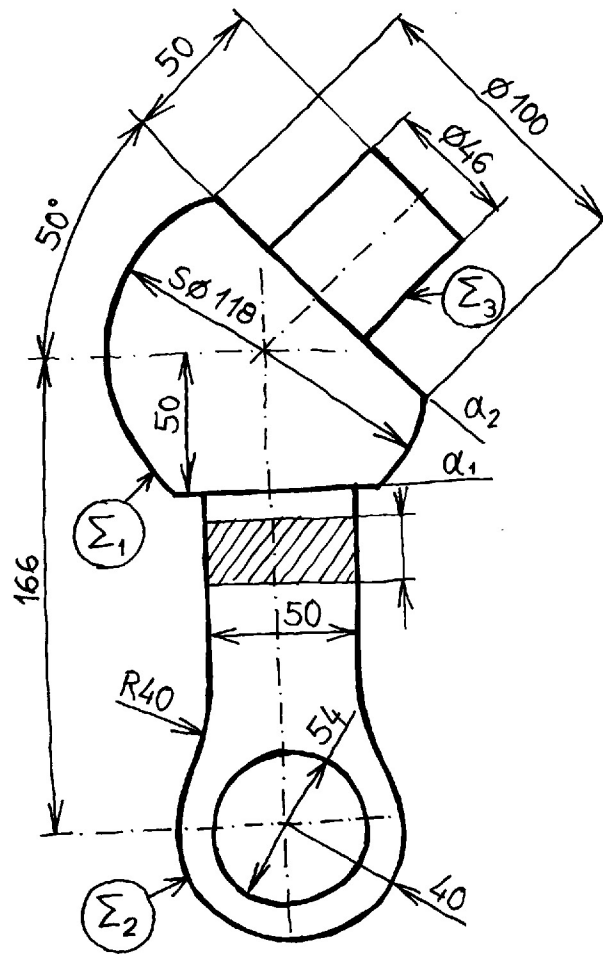
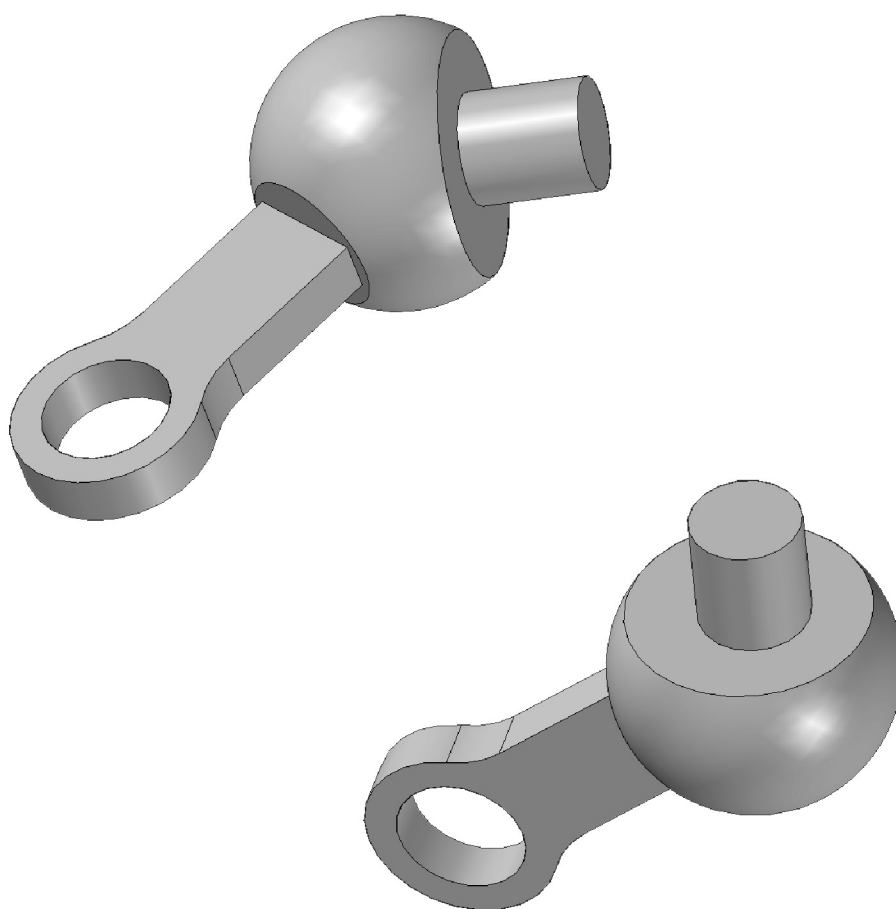


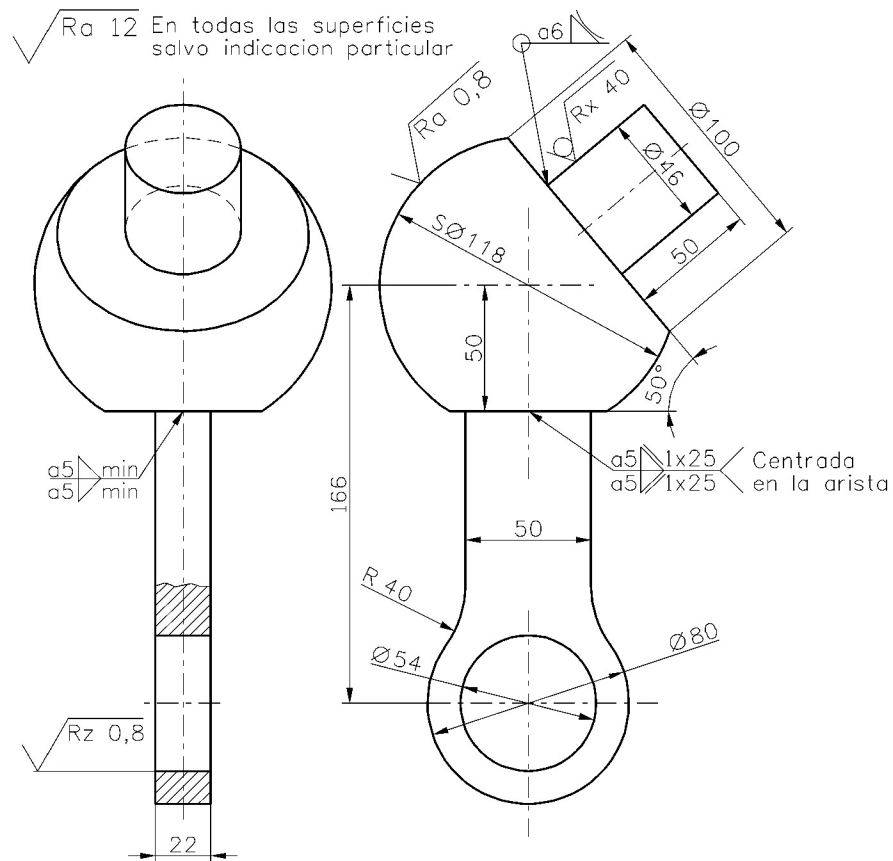


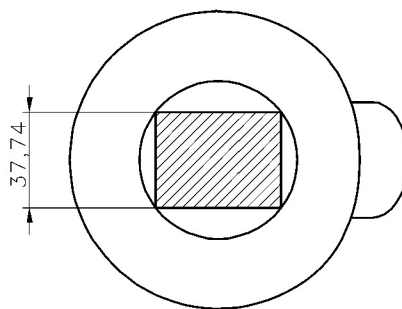
Figura 2.9.1





Observaciones		Título: RÓTULA. MODELO SÓLIDO		Plano nº: c2.e09	
				Hoja nº: 1 de 2	
Escala 1:2	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO INGENIERÍA MECÁNICA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:



APARTADO C



Observaciones		Título: RÓTULA. PLANOS		Plano nº: c2.e09	
				Hoja nº: 2 de 2	
Escala 1:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

Ejercicio 2.10 Banco urbano tipo Alehop

En la figura 2.10.1 se representa por medio de un croquis el banco alto de mobiliario urbano tipo Alehop (www.onnoutside.com), diseñado para sentarse de la misma forma que en un taburete de bar. Su configuración como banco alto lo convierte en punto de encuentro, en lugar de reunión, donde lo informal de la postura otorga al momento el valor de lo casual.

Tal como se observa en la tabla adjunta, una posible solución al problema de diseño detallado del banco puede estar formada por 8 marcas:

Nº piezas	Denominación	Marca	Material y dimensiones
4	Travesaño del asiento	1	Madera de Blondo
3	Pata	2	Pasamano espesor 12 mm de acero inoxidable AISI 316
2	Apoyapiés	3	Tubo Ø 70 x Ø 65, acero inoxidable AISI 316
3	Placa de anclaje	4	Pasamano espesor 12 mm de acero inoxidable AISI 316
16	Tirafondo de unión asiento.	5	Tornillo para madera cabeza avellanada Ø 5 x 30 DIN 7997
8	Placa de apoyo	6	Pasamano espesor 12 mm
4	Tetón de apoyo	7	Barra de acero Ø 65
12	Tornillo de fijación	8	Tornillo cabeza cilíndrica M.12-175 DIN 912

La construcción del banco tiene los siguientes aspectos destacados:

- La pata marca 2 encaja en una ranura de la placa de anclaje marca 4 y se une a ella por medio de un cordón de soldadura angular en todas las superficies en contacto, de espesor z5 y acabado cóncavo.
- El tramo de menor diámetro del cilindro de apoyo marca 7 se introduce en la ranura de la pata marca 2, soldándose el contorno resultante todo el alrededor por medio de un cordón angular a6 con acabado convexo. La marca 7 se pone al lado correspondiente en cada pata lateral y a ambos lados para la pata central.
- Cada una de las placas de apoyo marca 6 se introduce en su respectiva ranura de la pata marca 2 y se fija por medio de un cordón angular z7 con acabado plano. Las dos marcas 6 se ponen al lado correspondiente en cada pata lateral, y se ponen dos marcas 6 a cada lado para la pata central.
- Las ranuras de los travesaños marca 1 encajan en las placas de apoyo, sujetándose ambas piezas por medio de los tirafondos marca 5.
- Los travesaños (1) deben barnizarse; el apoyapiés (3) tiene un acabado niquelado en su superficie exterior, y las piezas que componen cada uno de los tres «subconjuntos pata» (2, 4, 6, 7) van pintadas de gris después de soldarse.
- Cuando está completamente montado, el banco se ancla al suelo por medio de los tornillos marca 8. Para ello, previamente se deberá perforar en el suelo y fijar tacos para tornillos métricos adecuados para hormigón.
- Después del montaje, la pata marca 2 y el apoyapiés marca 3 también se unirán por medio de un cordón de soldadura y en todo su alrededor siendo su espesor z5 y con acabado plano.

Las dimensiones y formas no indicadas se deben determinar teniendo en cuenta las consideraciones ergonómicas requeridas y de los elementos auxiliares y de unión utilizados.

Apartado A

A partir de las dimensiones y requisitos funcionales expuestos, obtenga una solución de diseño de conjunto del banco.

Apartado B

Obtenga una solución de diseño de detalle, representando a escala adecuada y por medio de vistas y cortes necesarios para su definición todas las piezas del conjunto banco. Indique todas las soldaduras y tratamientos superficiales especificados.

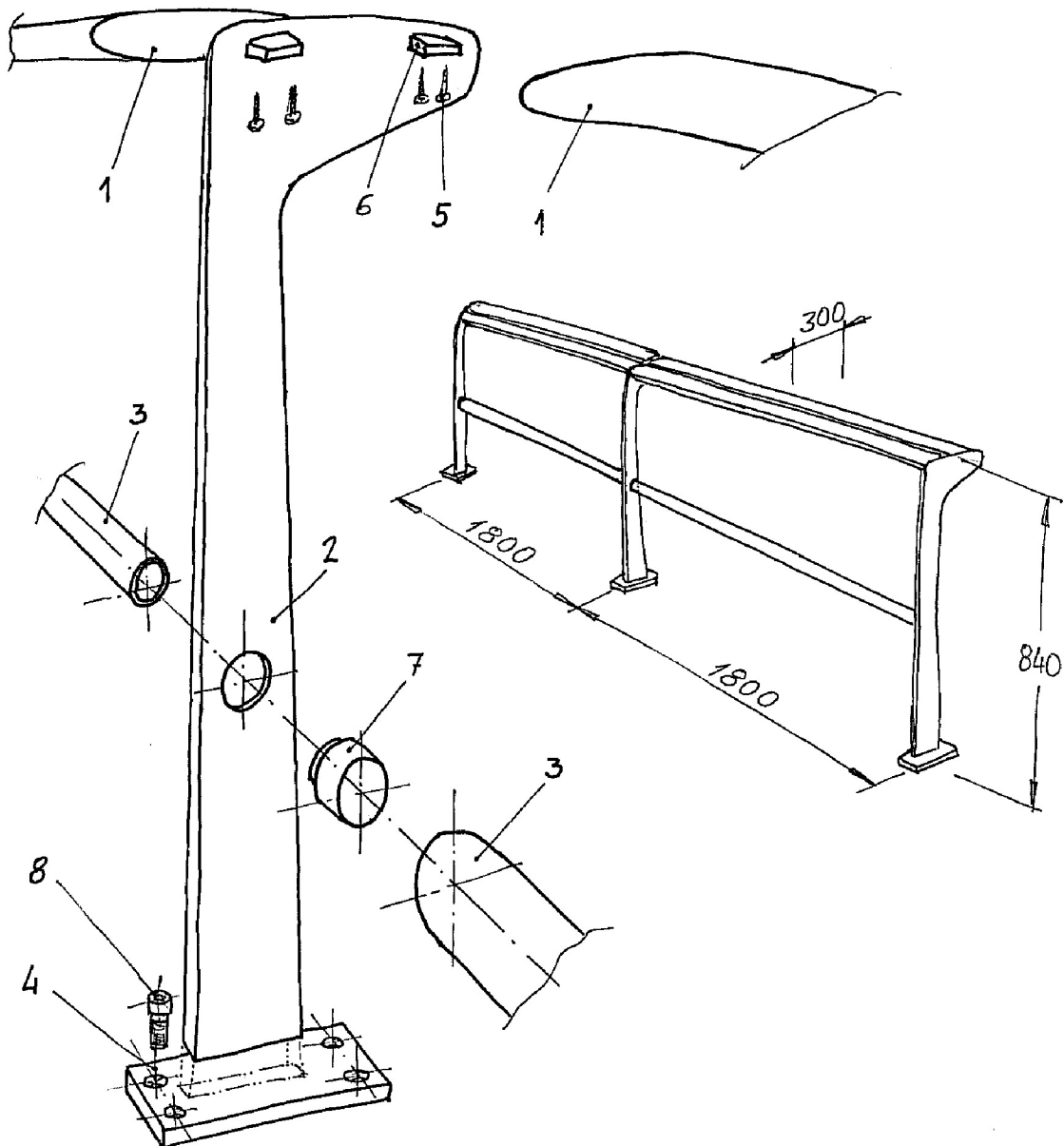
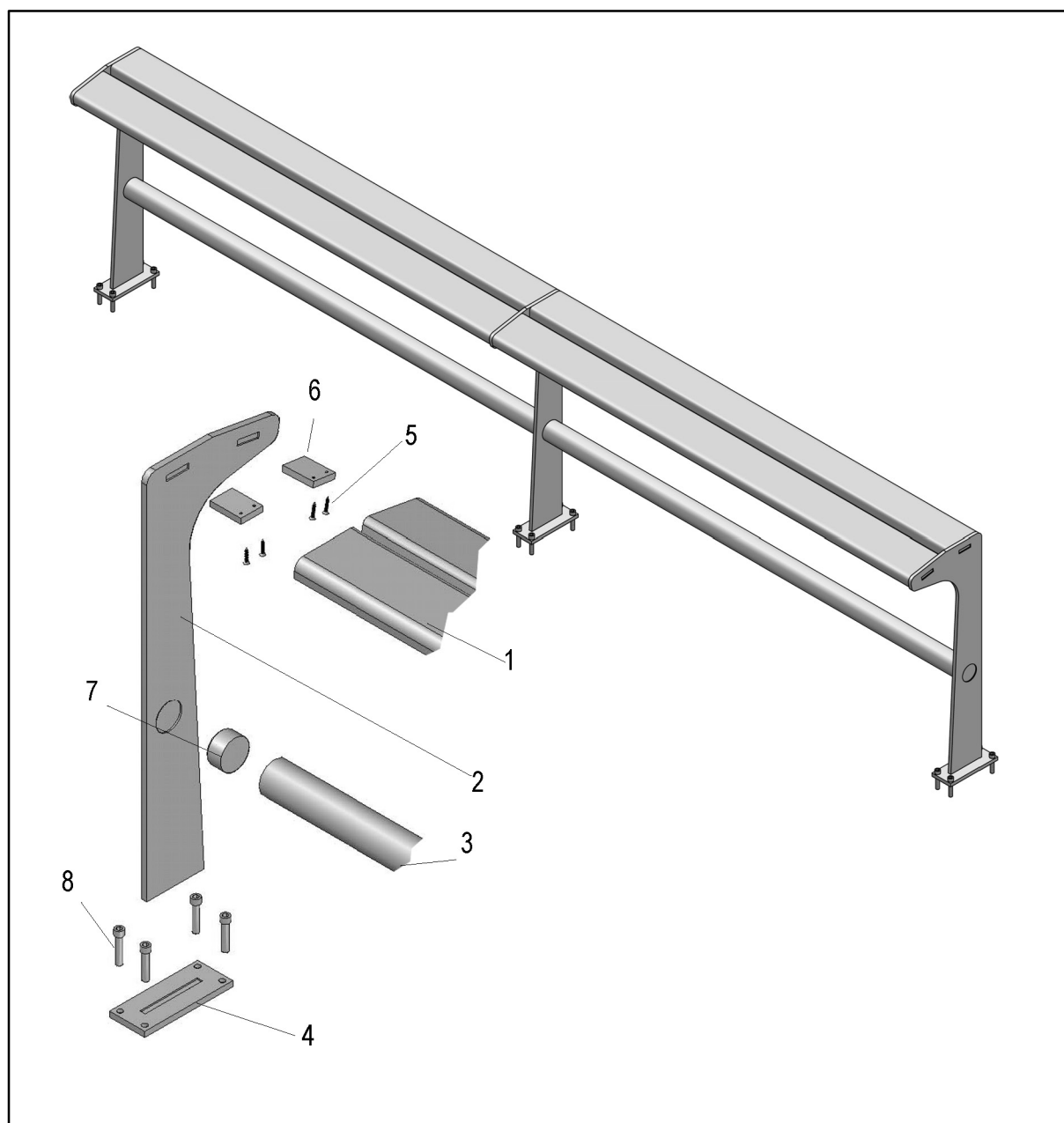


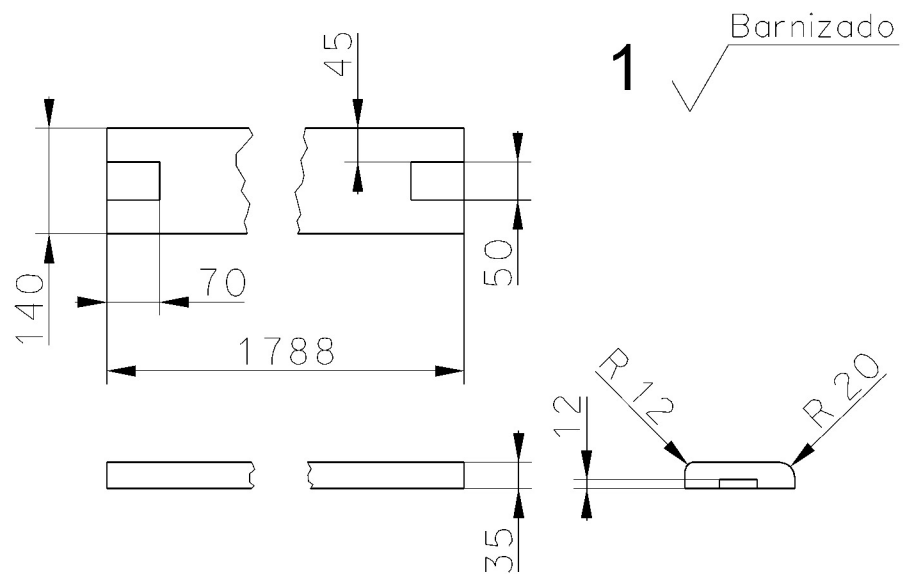
Figura 2.10.1



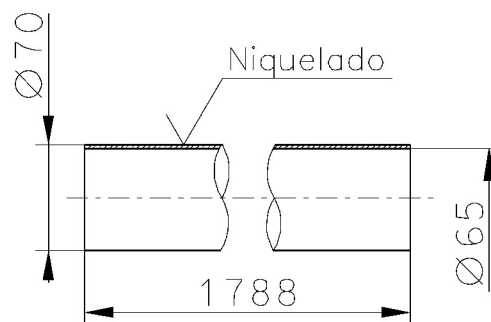
12	Tornillo de fijación	8	DIN 912 M.12-175
4	Tetón de apoyo	7	
8	Placa de apoyo	6	
16	Tirafondo	5	DIN 7997 Ø5x30
3	Placa de anclaje	4	
2	Apoyapiés	3	
3	Pata	2	
4	Travesaño del asiento	1	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones	Título: BANCO TIPO ALEHOP		Plano nº: c2.e10
			Hoja nº: 1 de 5
Escala	Un. dim. mm	Dibujado por:	Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:





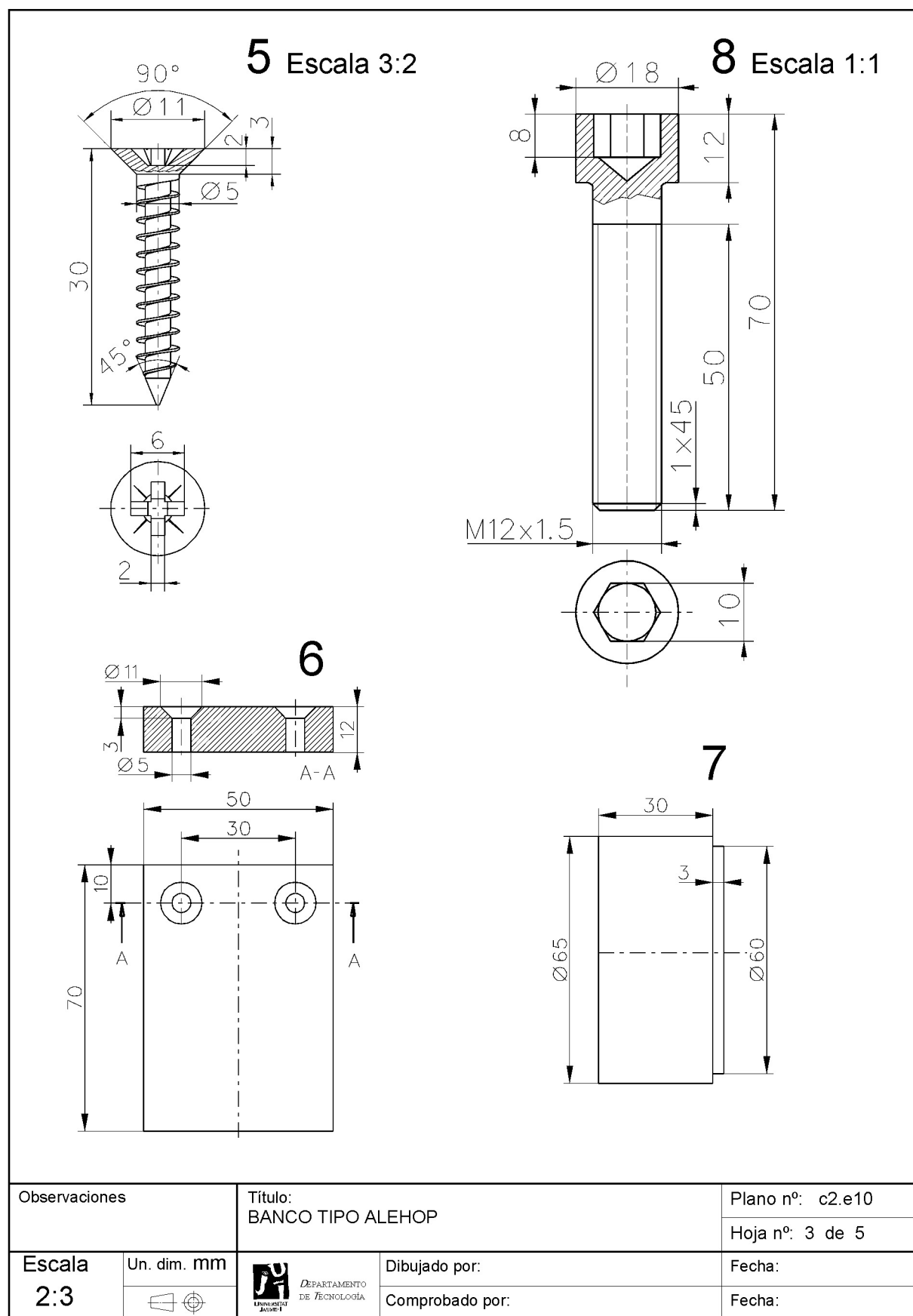
DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

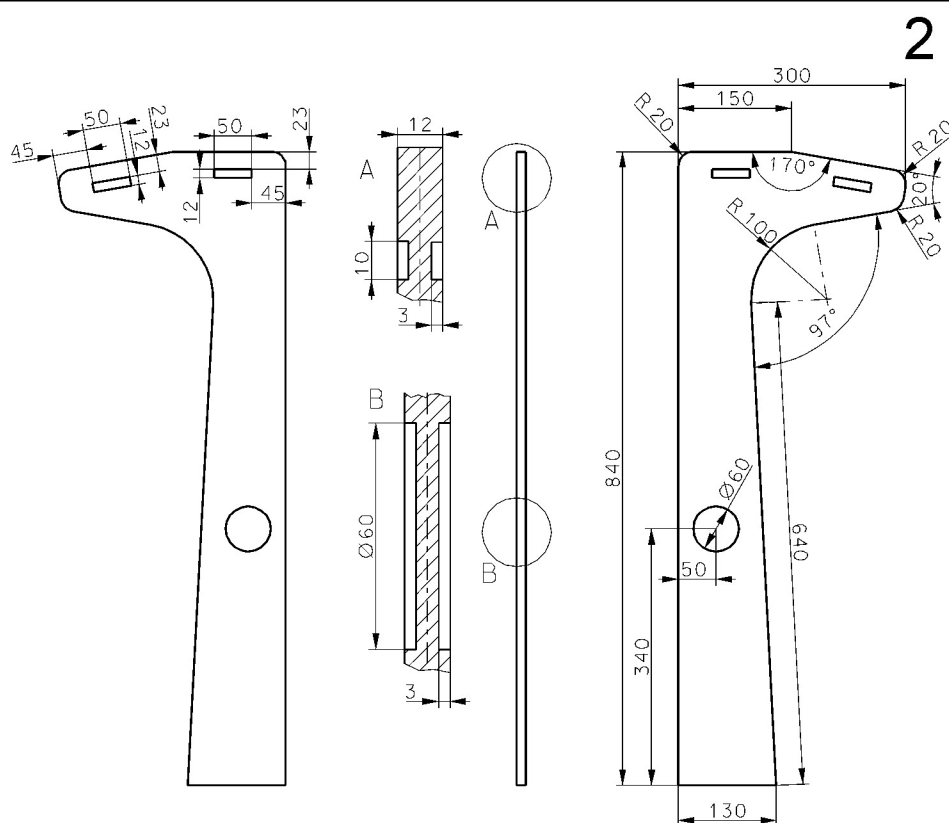


3 Escala 1:5

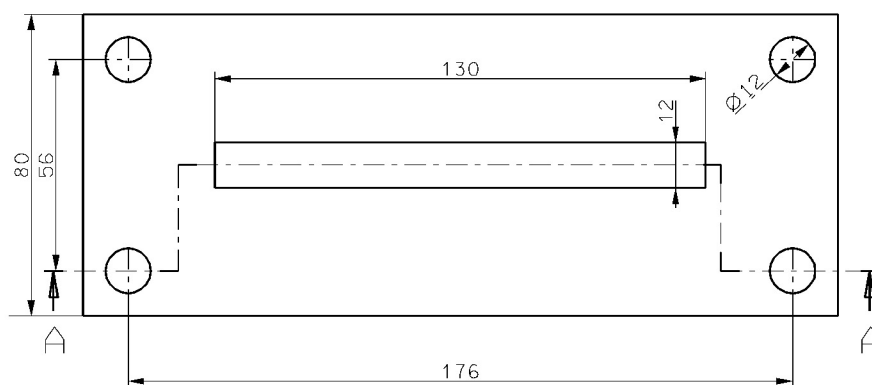
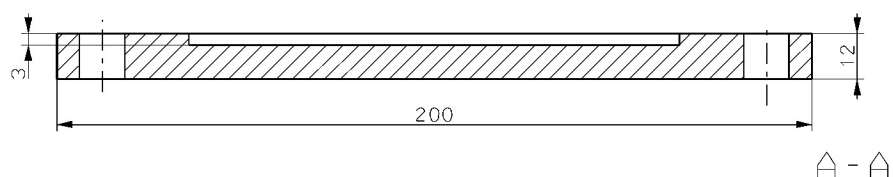


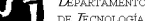

Observaciones		Título: BANCO TIPO ALEHOP		Plano nº: c2.e10	
				Hoja nº: 2 de 5	
Escala 1:10	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:		Fecha:
			Comprobado por:		Fecha:

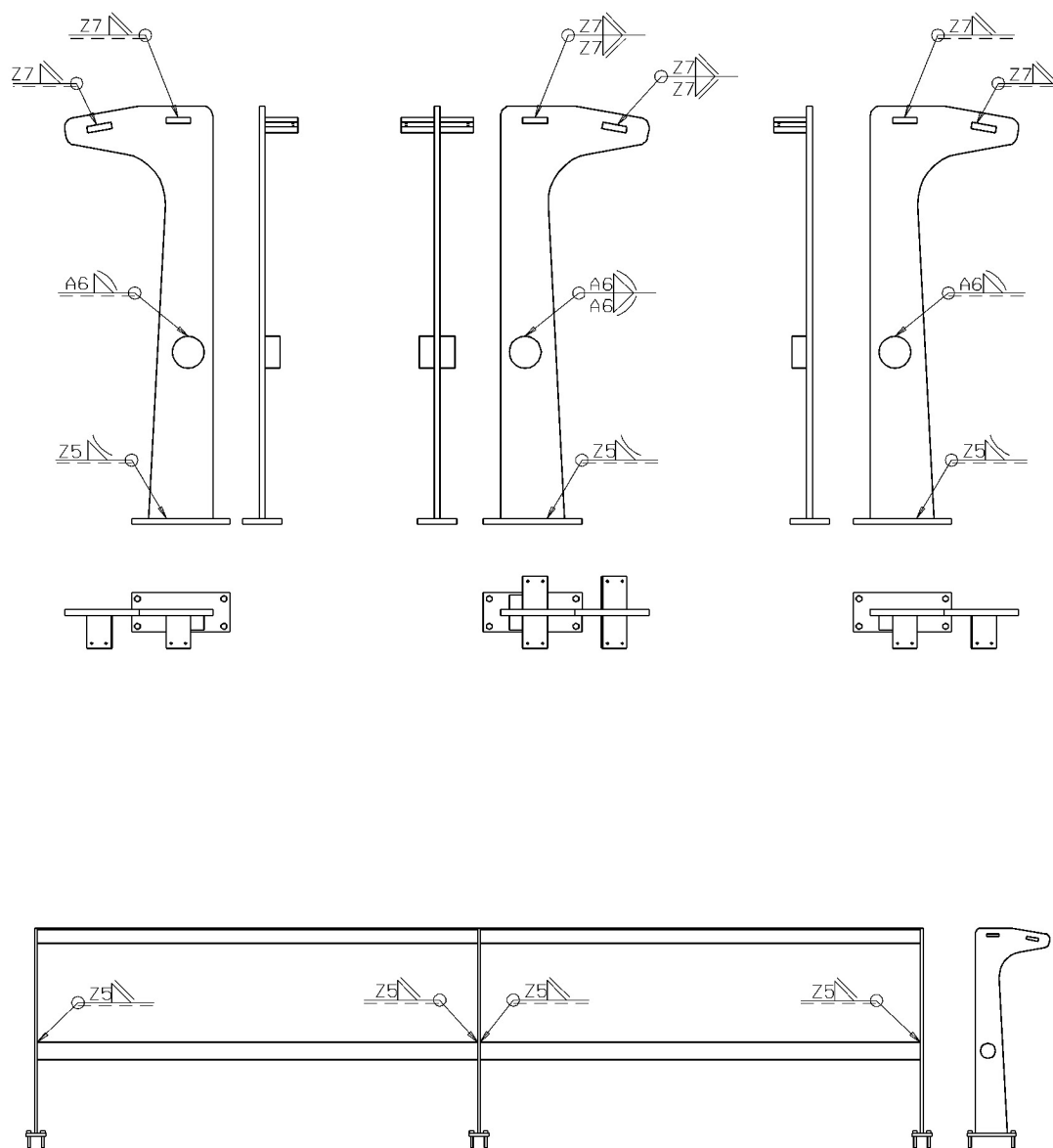






4 Escala 1:2



Observaciones		Título: BANCO TIPO ALEHOP		Plano nº: c2.e10	
				Hoja nº: 4 de 5	
Escala 2:5	Un. dim. mm		Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	



Observaciones		Título: BANCO TIPO ALEHOP		Plano nº: c2.e10	
				Hoja nº: 5 de 5	
Escala 2:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	

Ejercicio 2.11 Cuerpo de válvula

La figura 2.11.1 muestra el dibujo de detalle de un cuerpo de válvula a escala 5/6. Para fabricarlo se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones de diseño:

- Rugosidad general superficial obtenida sin eliminación de material, con límite superior de especificación unilateral de 20 μm de perfil R de máxima rugosidad (R_z).
- Rugosidad de la superficie cilíndrica exterior del conducto cilíndrico de $\varnothing 15 \times 10$, de 5 μm de perfil R desviación media aritmética (R_a), obtenida por torneado.
- Rugosidad de la superficie plana de las bocas de los tres orificios de la pieza 10 μm de perfil R desviación media aritmética (R_a), obtenida por fresado.
- Tolerancia dimensional j6 para el diámetro exterior del conducto cilíndrico de $\varnothing 15 \times 10$.

Apartado A

Reproduzca el dibujo de detalle del cuerpo de válvula y añada las indicaciones oportunas para especificar los requisitos de fabricación detallados arriba.

Determine los parámetros de la tolerancia dimensional del diámetro exterior del conducto cilíndrico de la derecha, y complete los valores de la tabla 2.11.2 dentro del plano.

La tolerancia deberá consignarse en el dibujo mediante la indicación ISO acompañada de las desviaciones.

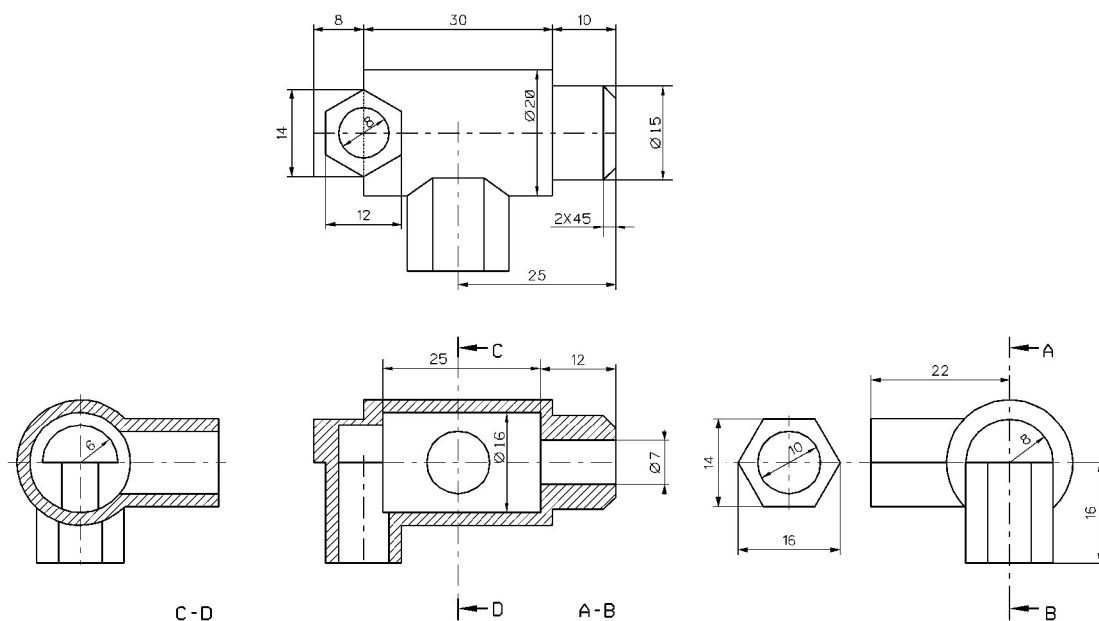


Figura 2.11.1

Medida nominal	Índice de tolerancia	Posición de la tolerancia	t	di	ds

Figura 2.11.2

Ejercicio 2.12 Ejes de rebobinador

En las figuras 2.12.1 y 2.12.2 se muestran a escala 5/3 los dibujos de detalle de los ejes conductor y conducido de un utensilio para rebobinar, respectivamente.

Para fabricar el eje conductor (figura 2.12.1) se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones de diseño:

- Rugosidad general superficial, con límite superior de especificación bilateral de 20 μm de perfil R de máxima rugosidad (Rz), y límite inferior de especificación bilateral de 12 μm de perfil R desviación media aritmética (Ra). Ambas con bandas de transmisión 0,008-4 mm.
- Rugosidad de la superficie cilíndrica exterior de diámetro 8 x 44,5 de 5 μm de perfil R desviación media aritmética (Ra), conseguida con arranque de material.
- Tolerancia dimensional del diámetro exterior de la superficie cilíndrica exterior de diámetro 8 x 44,5 con una desviación inferior no menor que 6 μm y una desviación superior no mayor que 28 μm .

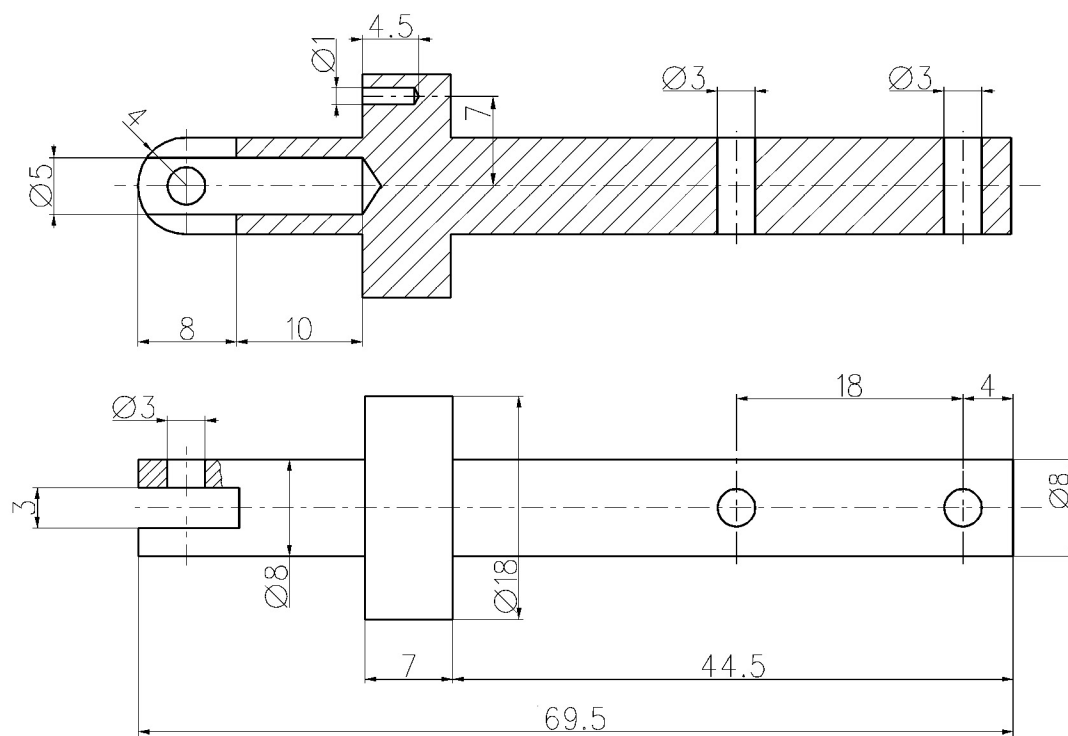
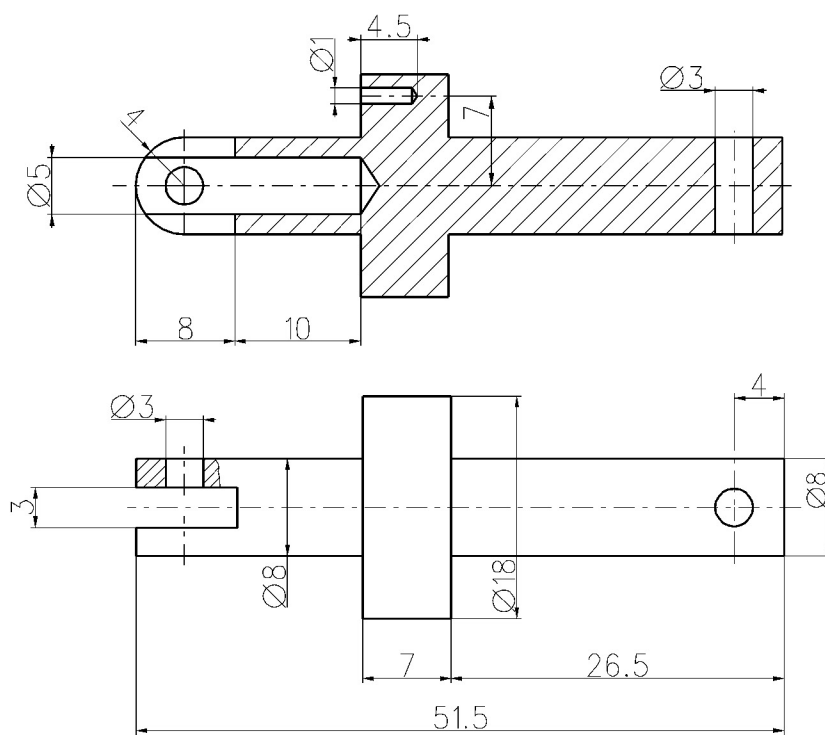
Para fabricar el eje conducido (figura 2.12.2) se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones de diseño:

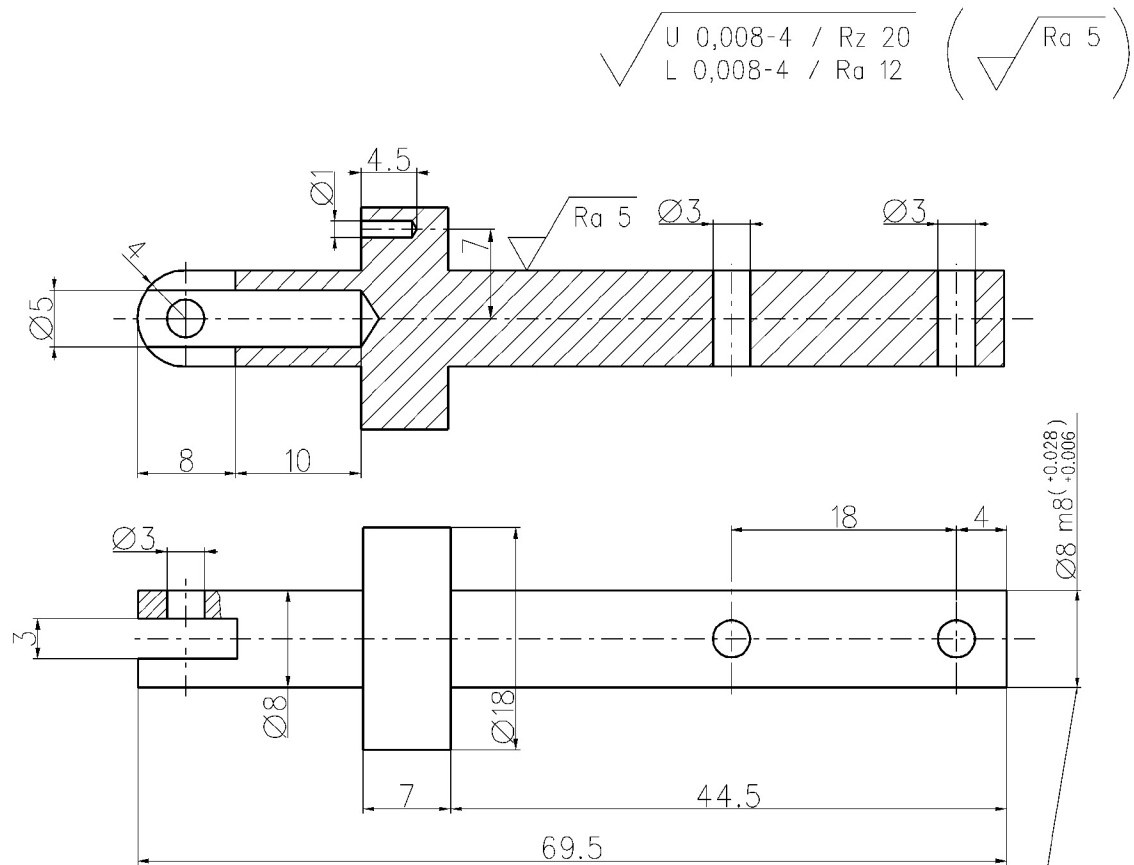
- Rugosidad general superficial, con límite superior de especificación unilateral de 10 μm de perfil R de máxima rugosidad (Rz).
- Rugosidad de la superficie cilíndrica exterior de diámetro 8 x 26,5 de 2 μm de perfil R desviación media aritmética (Ra).
- Tolerancia dimensional del diámetro exterior de la superficie cilíndrica exterior de diámetro 8 x 26,5 con una desviación inferior no menor que -15 μm y una desviación superior no mayor que -5 μm .

Apartado A



Reproduzca los dibujos de detalle de ambos ejes y añada las indicaciones oportunas para especificar los requisitos de fabricación detallados arriba.

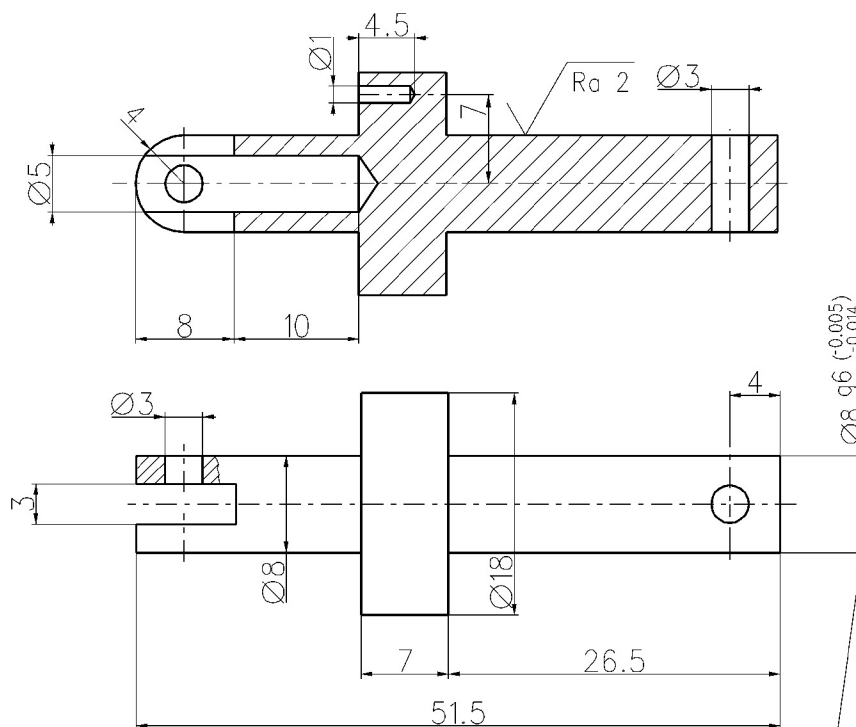
Determine los parámetros de las tolerancias dimensionales indicadas arriba y muéstrelas en forma de tabla. Posteriormente, las tolerancias deben consignarse también en el dibujo mediante la indicación ISO acompañada de las desviaciones.

*Figura 2.12.1**Figura 2.12.2*



Medida nominal	di	ds	t	IT	Posicion ISO
8	$\geq 0,006$	$\leq 0,028 \Rightarrow \leq 0,022$			
				\Downarrow 0,008	
			\Downarrow t=0,022		
	\Downarrow di=0,006				m
		\Downarrow ds=0,028			

Observaciones		Título: EJE CONDUCTOR		Plano nº: c2.e12
				Hoja nº: 1 de 2
Escala 5:3	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

$$\sqrt{Rz\ 10} \left(\sqrt{Ra\ 2} \right)$$


Medida nominal	di	ds	t	IT	Posicion ISO
8	$\geq -0,015$	$\leq -0,005 \Rightarrow \leq 0,010$			
				\downarrow 6	
			\downarrow $t=0,009$		\downarrow 9
		\downarrow $ds=-0,005$			
	\downarrow $di=-0,014$				

Observaciones

Título:
EJE CONDUcido

Plano nº: c2.e12

Hoja nº: 2 de 2

Escala
5:3

Un. dim. mm

DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Dibujado por:

Comprobado por:

Fecha:

Fecha:

Ejercicio 2.13 Alargadera punta de compás

En la figura 2.13.1 está dibujada a escala 3/1 y representa el conjunto alargadera punta de compás, que está compuesto por las piezas cuyas características de diseño y fabricación se describen a continuación:

- Marca 1: Cuerpo principal, material PVC de color azul. Presenta en la zona *C* una conicidad de 1/8. La zona *b* corresponde a una ranura cuyo fin es el de actuar como dispositivo elástico que al deformarse por la acción del casquillo de apriete, marca 7, oprime y fija la punta de compás, marca 8.
- Marca 2: Alargadera, material acero inoxidable F3117. Su longitud máxima es de 160 mm.
- Marca 3: Tope, material acero inoxidable F3117.
- Marca 4: Eje posicionador, material acero inoxidable F3117.
- Marca 5: Distanciador, material PVC de color azul.
- Marca 6: Capuchón de fijación, material acero inoxidable F3117.
- Marca 7: Casquillo de apriete, material acero inoxidable F3117. La zona *C* tiene una conicidad de 1/8.
- Marca 8: Punta de compás, material acero inoxidable F3117.

Apartado A

Reproduzca el dibujo de conjunto cumplimentando el casillero y la lista de despiece.

Apartado B

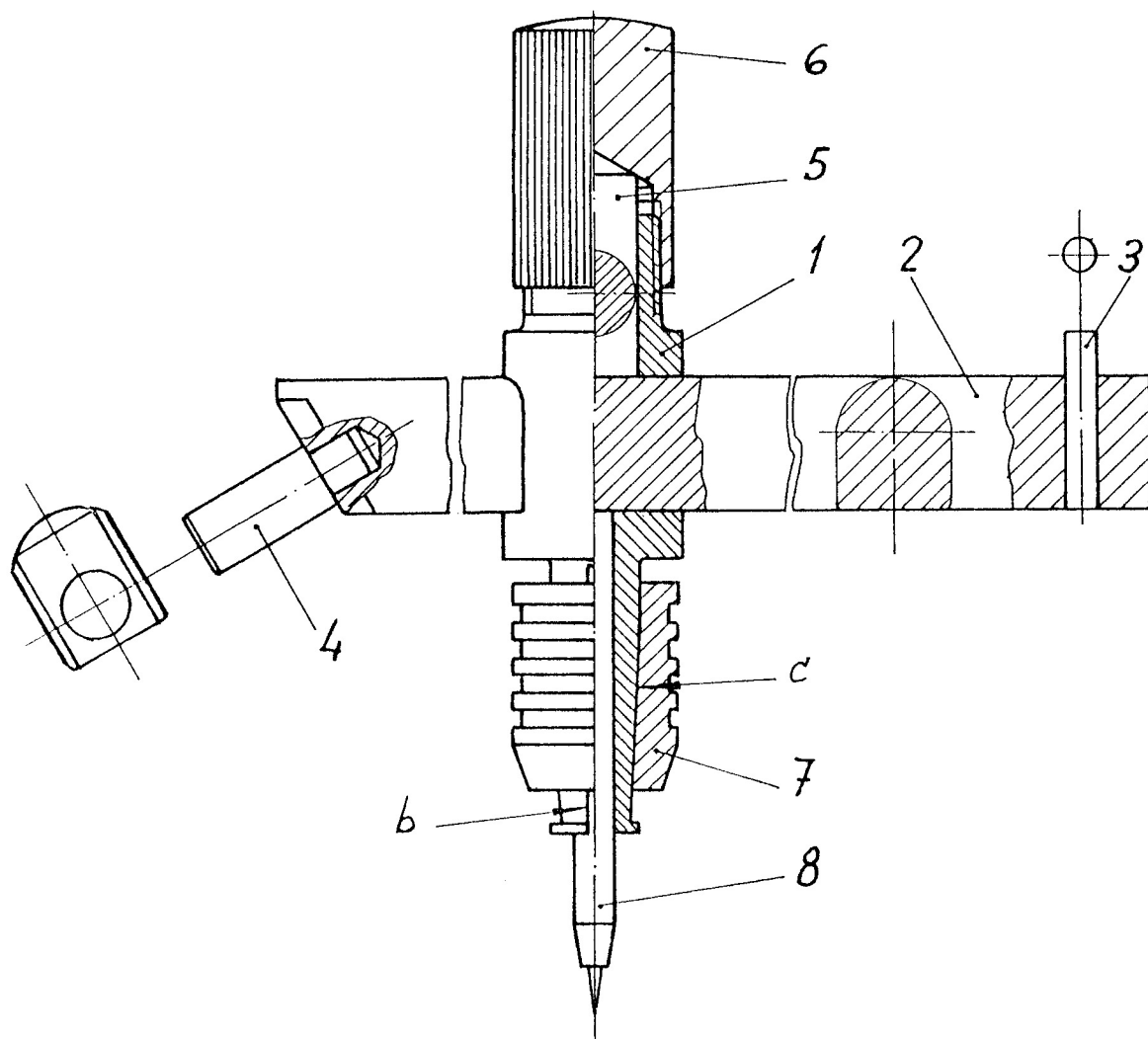
Sobre la representación del apartado A, indique:

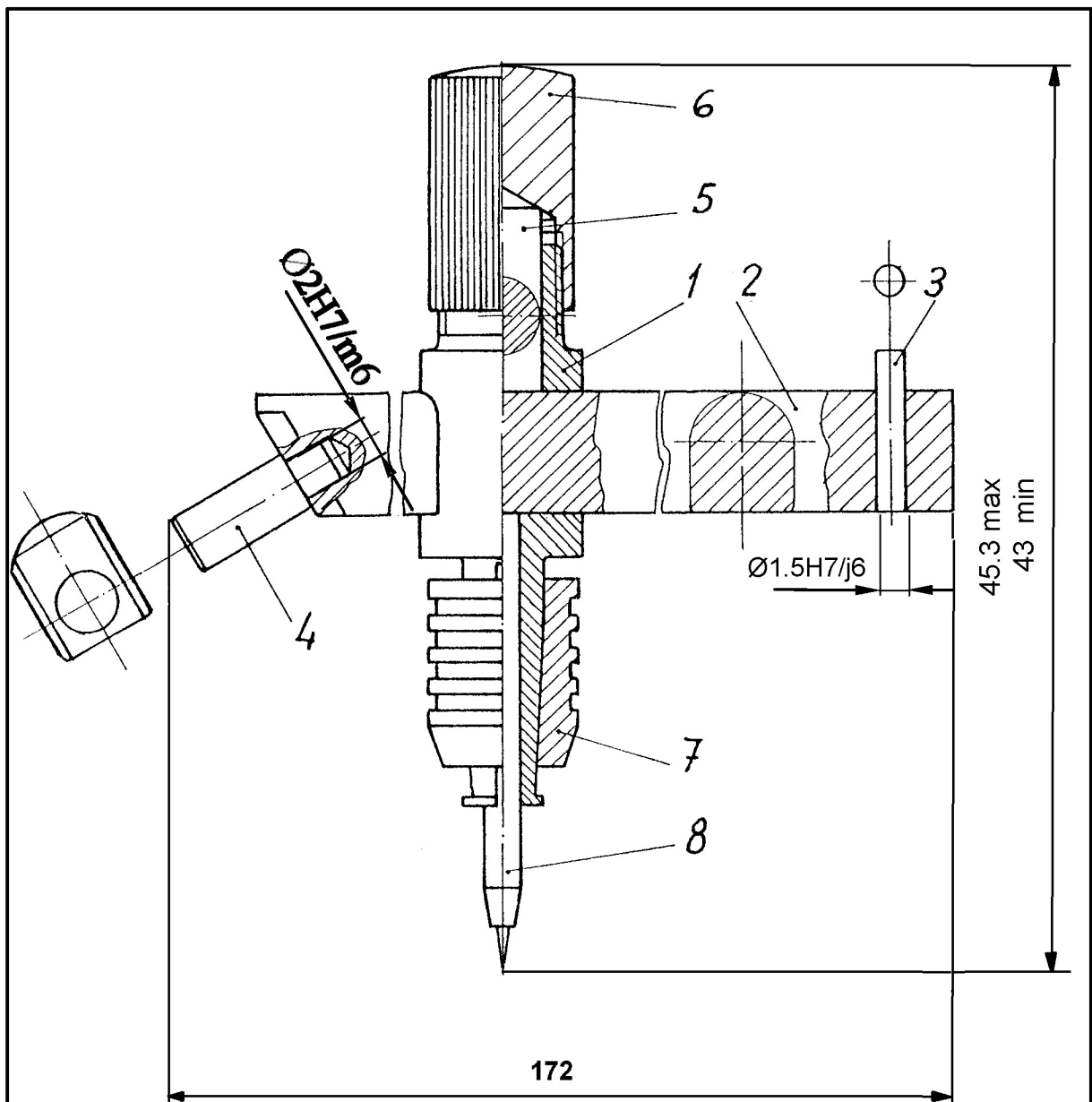
- Dimensión máxima de la alargadera con eje posicionador marca 4 montado.
- Dimensión máxima del subconjunto formado por marcas 1, 5, 6, 7 y 8 cuando la punta marca 8 y el capuchón marca 6 se encuentran en la posición representada (condición mínima), y cuando el capuchón marca 6 se encuentra roscado 1 mm en el cuerpo marca 1 (condición máxima).

Apartado C

Sobre la representación del apartado A, indique los siguientes ajustes obtenidos a partir del sistema de agujero base con calidad IT 7:

- Apriete forzado ligero con entrada suave entre la alargadera (marca 2) y el tope (marca 3).
- Apriete normal a presión montado a mano entre la alargadera (marca 2) y el posicionador (marca 4).

*Figura 2.13.1*



1	Punta de compás	8	Acero F3117
1	Casquillo de apriete	7	Acero F3117
1	Capuchón de fijación	6	Acero F3117
1	Distanciador	5	PVC azul
1	Eje posicionador	4	Acero F3117
1	Tope	3	Acero F3117
1	Alargadera	2	Acero F3117
1	Cuerpo principal	1	PVC azul
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: ALARGADERA PUNTA DE COMPÁS	Plano nº: c2.e13
			Hoja nº: 1 de 1
Escala 3:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Fecha:
			Fecha:
		Dibujado por:	
		Comprobado por:	

Ejercicio 2.14 Árbol de reductor de motor de arranque

En la figura 2.14.1 está dibujado a escala 2/3 el árbol del reductor de un motor de arranque. Se trata de un subconjunto que se obtiene al encajar una rueda dentada sobre el tramo central de la pieza principal, en la posición indicada en la figura 2.14.1.

Para fabricarlo se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones de diseño:

- Todas las superficies deben tener una calidad mínima correspondiente a una rugosidad R desviación media aritmética (Ra), conseguida con arranque de material y de valor $1,6 \mu\text{m}$.
- El tramo cilíndrico de diámetro 15.8 y longitud 105 mm debe tener una rugosidad R desviación media aritmética (Ra), conseguida mediante rectificado y de valor $0,8 \mu\text{m}$.
- El tramo cilíndrico de 16 mm en el que encaja la rueda dentada debe tener una rugosidad R desviación media aritmética (Ra), conseguida mediante rectificado y de valor $0,4 \mu\text{m}$.
- Los tres agujeros de diámetro 9 del disco de la derecha tienen una tolerancia dimensional H7.
- El tramo cilíndrico de diámetro 26 situado en la parte derecha, tiene una tolerancia dimensional r6.
- La rueda dentada tiene una tolerancia de valor H7 en su agujero interior, y encaja sobre el tramo indicado del eje mediante un ajuste forzado para soportar grandes esfuerzos. El ajuste con el resto del eje es con juego fuerte.

Apartado A

Realice el dibujo de detalle del eje sin la rueda dentada y añada las indicaciones oportunas para especificar los requisitos de fabricación detallados arriba.

Determine los parámetros de los ajustes y tolerancias dimensionales. Déjelos reflejados en tablas.

Las tolerancias deberán consignarse en el dibujo mediante la indicación ISO acompañada de las desviaciones.

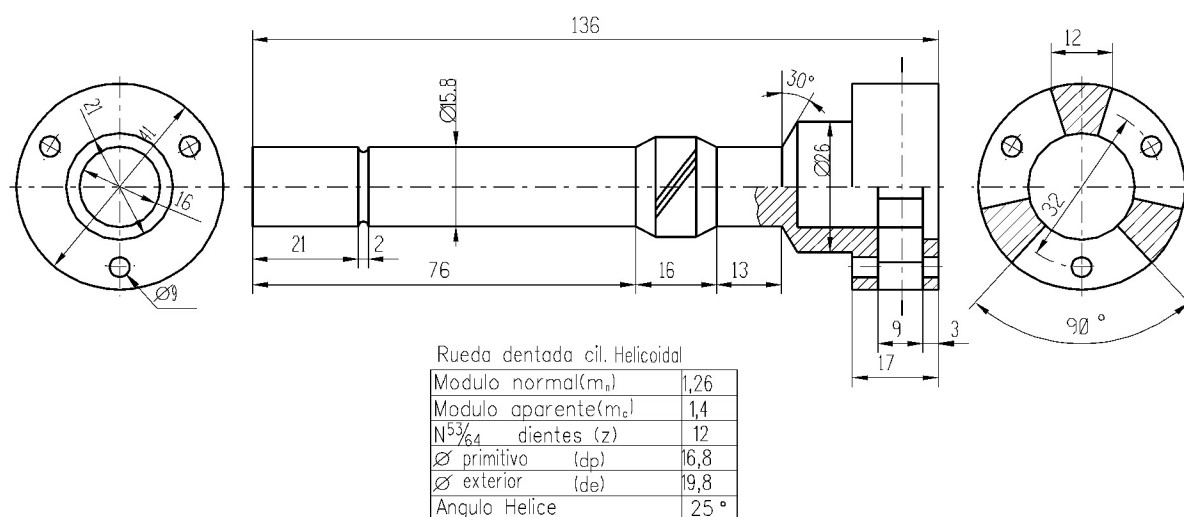


Figura 2.14.1

Ejercicio 2.15 Motor eléctrico

En la figura 2.15.1 está dibujado el eje del rotor (marca 1) de un motor eléctrico. El núcleo del rotor (marca 2) se ha dibujado en la figura 2.15.2, y las dos partes (carcasa marca 3 y tapa marca 4) que componen el soporte del estator se han dibujado en las figuras 2.15.3 y 2.15.4, respectivamente.

Para fabricar dichas piezas se deben tener en cuenta las siguientes condiciones de ensamblaje:

- El núcleo del rotor debe encajar en el eje, de manera que el rotor quede centrado en el alojamiento de la carcasa tras el montaje y el extremo no roscado del eje quede a 3 mm del fondo del agujero ciego de la carcasa.
- El tramo roscado del eje atraviesa el agujero de la tapa y sobresale.
- Para soportar al eje se han elegido dos rodamientos de bolas, marca 5, $\varnothing 28 \times \varnothing 12 \times 8$ (de ranura profunda, hilera sencilla y tipo abierto) cuyos anillos exteriores encajan en los alojamientos de la carcasa y la tapa ($\varnothing 28 \times 8$), y en cuyos anillos interiores se encaja el eje ($\varnothing 12$).
- Del catálogo de rodamientos se han obtenido las tolerancias siguientes: para el diámetro exterior ($\varnothing 28$) $d_i = -0,009$ mm y $d_s = 0$; para el diámetro interior ($\varnothing 12$) $D_i = -0,008$ mm y $D_s = 0$.
- Para el ajuste del rodamiento con el eje, el fabricante de rodamientos recomienda una tolerancia j5 para un eje de acero que debe encajar en el anillo interior, para transmitir cargas normales y pesadas; siendo los motores eléctricos una de las aplicaciones para las que se recomienda dicha tolerancia.
- Para el ajuste del rodamiento con soportes de fundición y de acero, el fabricante de rodamientos recomienda una tolerancia K7, para cargas normales a elevadas con sentido indeterminado de la carga (siendo los motores eléctricos una de las aplicaciones para las que se recomienda dicha tolerancia).
- El ajuste entre el eje y el rotor debe ser un apriete forzado, puesto que la unión debe transmitir grandes esfuerzos. Se ha optado por la solución de eje base y ajuste h6 / U7.
- La carcasa y la tapa deben tener un juego libre justo para poder montarse, por lo que se ha optado por un ajuste h6 / G7.

Apartado A

Determine los parámetros de los ajustes y tolerancias dimensionales indicados arriba.

Apartado B

Reproduzca los dibujos de detalle dados en las figuras 2.15.1 a 2.15.4, añadiendo las tolerancias; las cuales deberán consignarse en el dibujo mediante la indicación ISO (si procede) acompañada de las desviaciones.

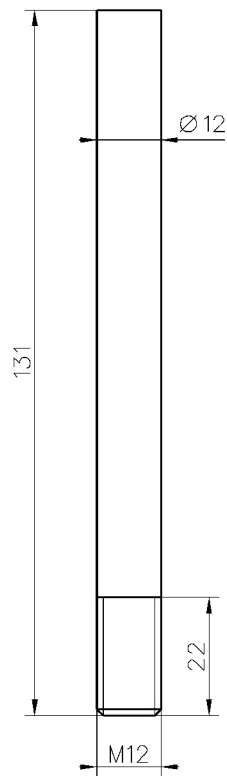


Figura 2.15.1

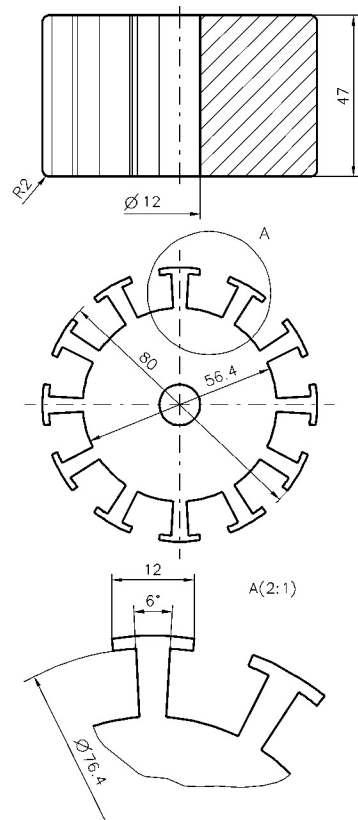


Figura 2.15.2

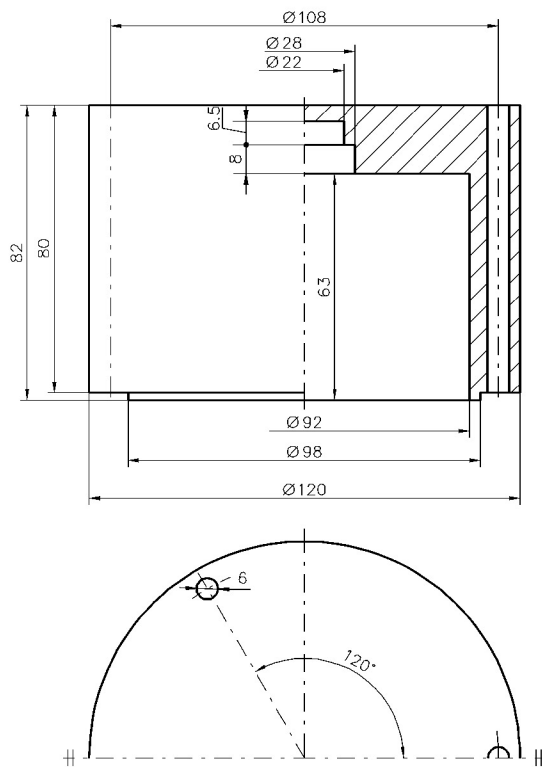


Figura 2.15.3

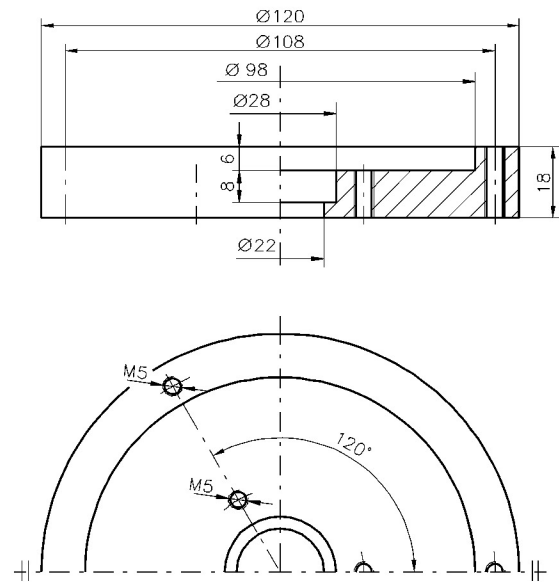
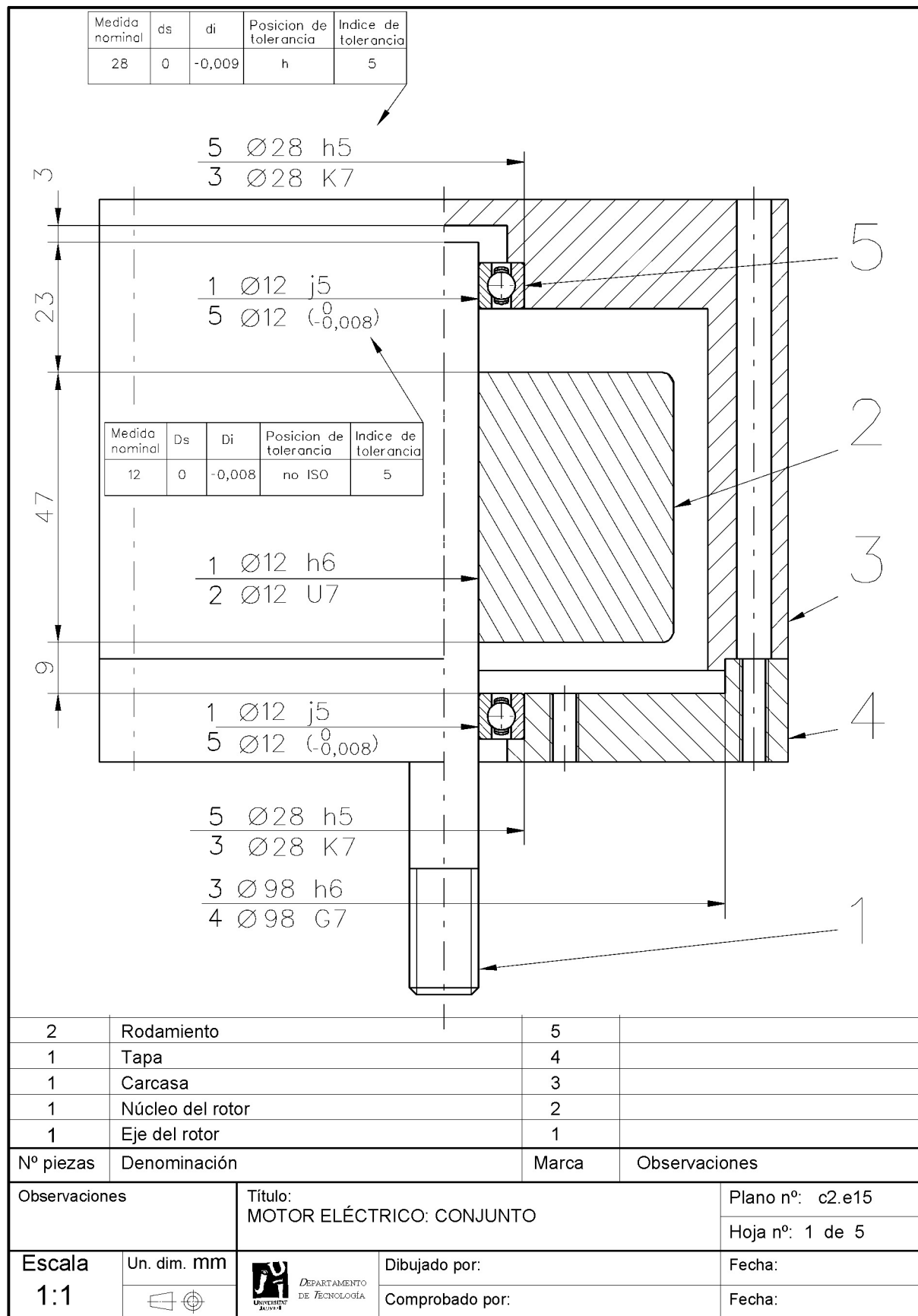
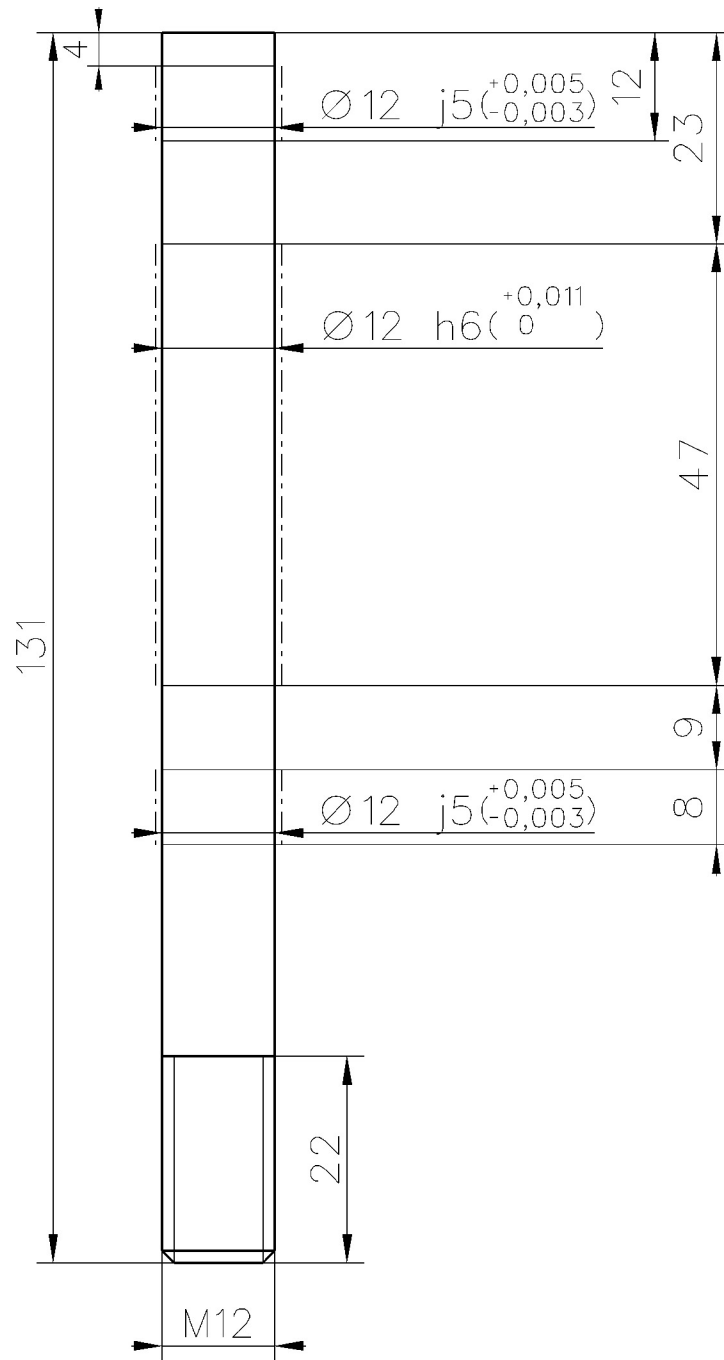


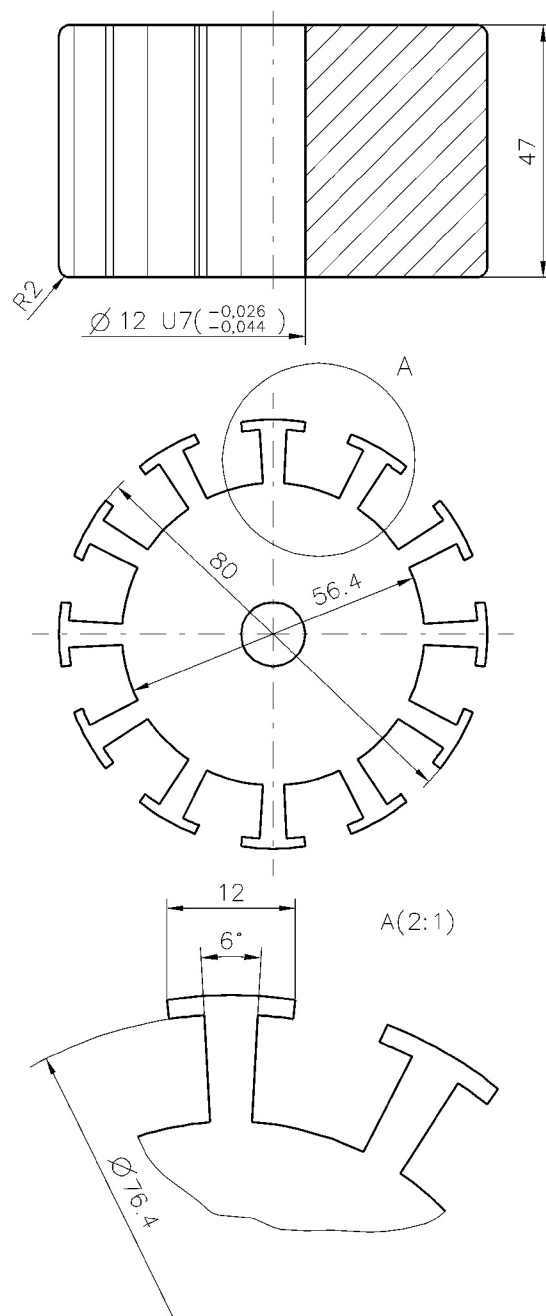




Figura 2.15.4

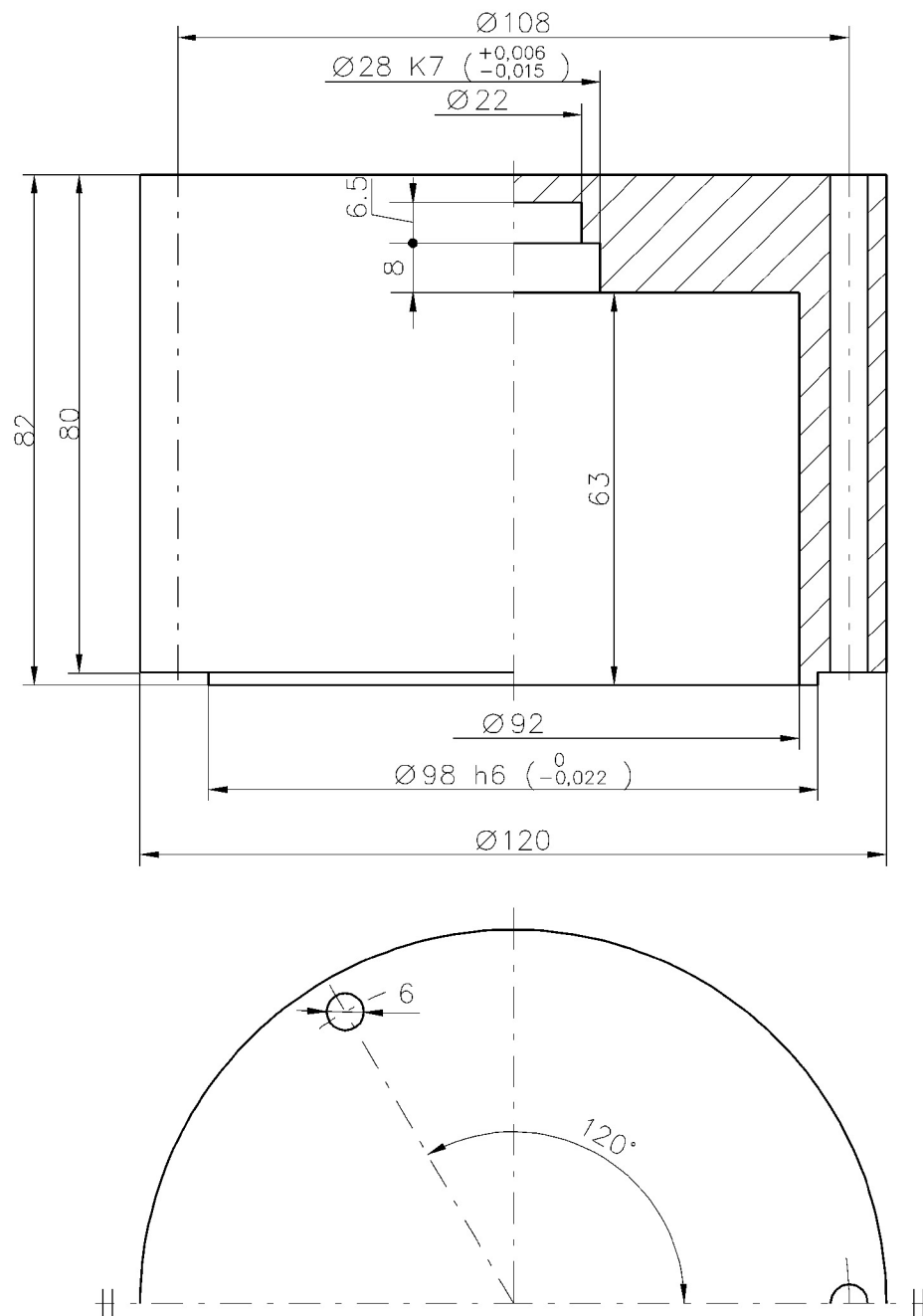






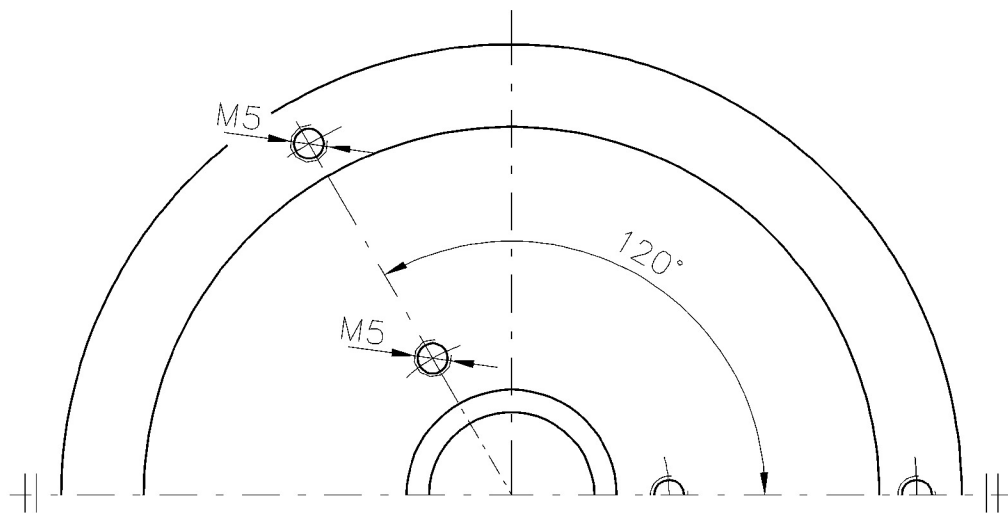
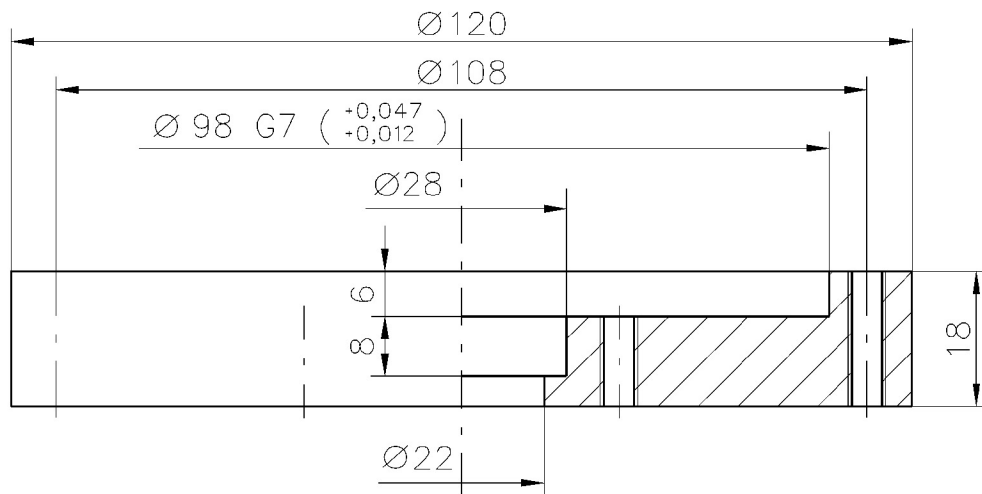
Observaciones		Título: MOTOR ELÉCTRICO: EJE		Plano nº: c2.e15
				Hoja nº: 2 de 5
Escala 5:4	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: MOTOR ELÉCTRICO: ROTOR		Plano nº: c2.e15	
				Hoja nº: 3 de 5	
Escala 5:7	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL NORTE	Dibujado por:	Fecha:	
			Comprobado por:	Fecha:	



Observaciones		Título: MOTOR ELÉCTRICO: CARCASA		Plano nº: c2.e15
				Hoja nº: 4 de 5
Escala 6:5	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: MOTOR ELÉCTRICO: TAPA		Plano nº: c2.e15
				Hoja nº: 5 de 5
Escala 1:1	Un. dim. mm 	DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL NORTE	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 2.16 Soporte

En la figura 2.16.1 se ha representado esquemáticamente un soporte. La figura está croquizada, las únicas dimensiones válidas son las dadas en la acotación.

Tanto la base (marca 1) como la tapa (marca 2) tienen un plano de simetría. Los cuatro agujeros cilíndricos de la base son pasantes, tienen el mismo diámetro que la parte inferior de los pivotes, y están situados centrados en las respectivas caras de la base.

En el soporte, la base (marca 1) y la tapa (marca 2) son fijas. Por el contrario, los cuatro pivotes (marca 3) se pueden intercambiar con otros elementos que también encajan en los agujeros cilíndricos de la base para formar conjuntos diferentes al mostrado. Por ello, para la unión entre pivotes y base se ha elegido un ajuste deslizante para montar piezas estacionarias con montaje fácil; mientras que se ha recurrido a un ajuste forzado ligero con entrada suave entre la base y la tapa. Todos los ajustes son de agujero base. Además, dada la precisión requerida en el montaje, todos los ajustes son finos.

Apartado A

Determine los ajustes entre la base y la tapa, y entre la base y los pivotes, en sistema de agujero base con calidad IT 7.

Indique, en el plano de conjunto, las tolerancias ISO obtenidas al determinar los ajustes.

Apartado B

Obtenga los planos de detalle de las tres piezas que componen el conjunto.

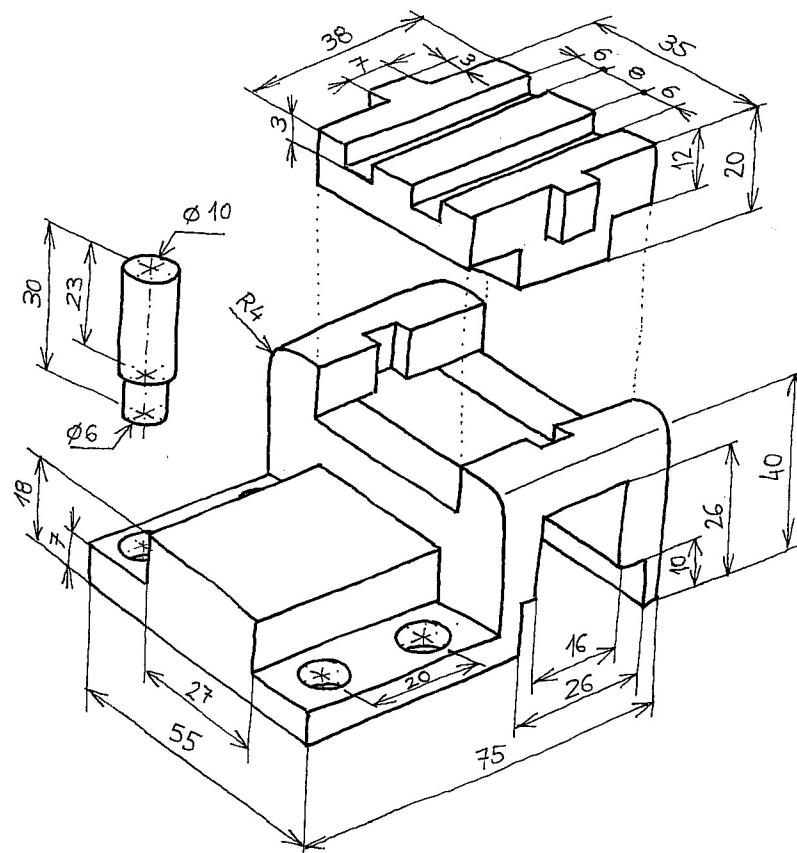
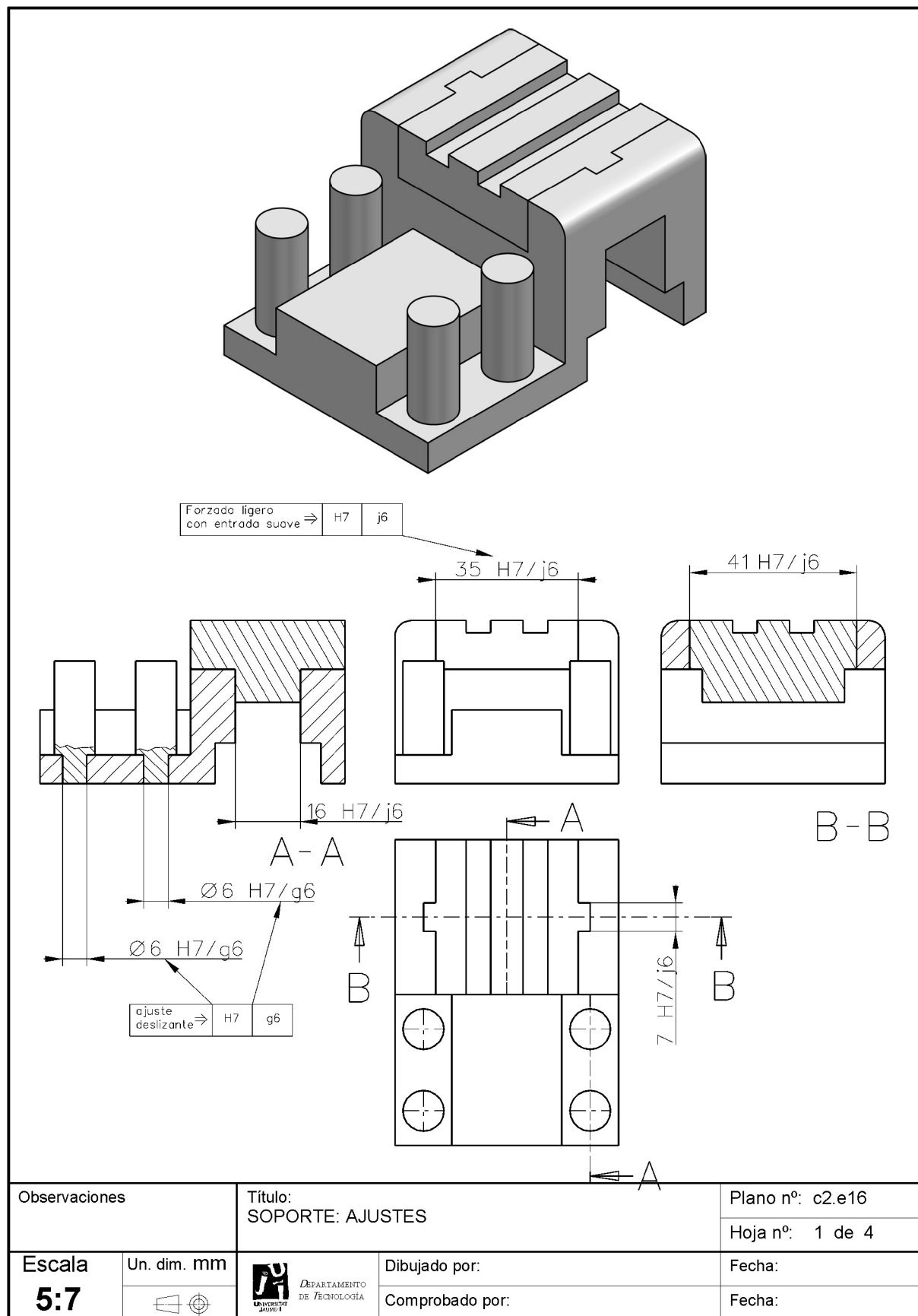
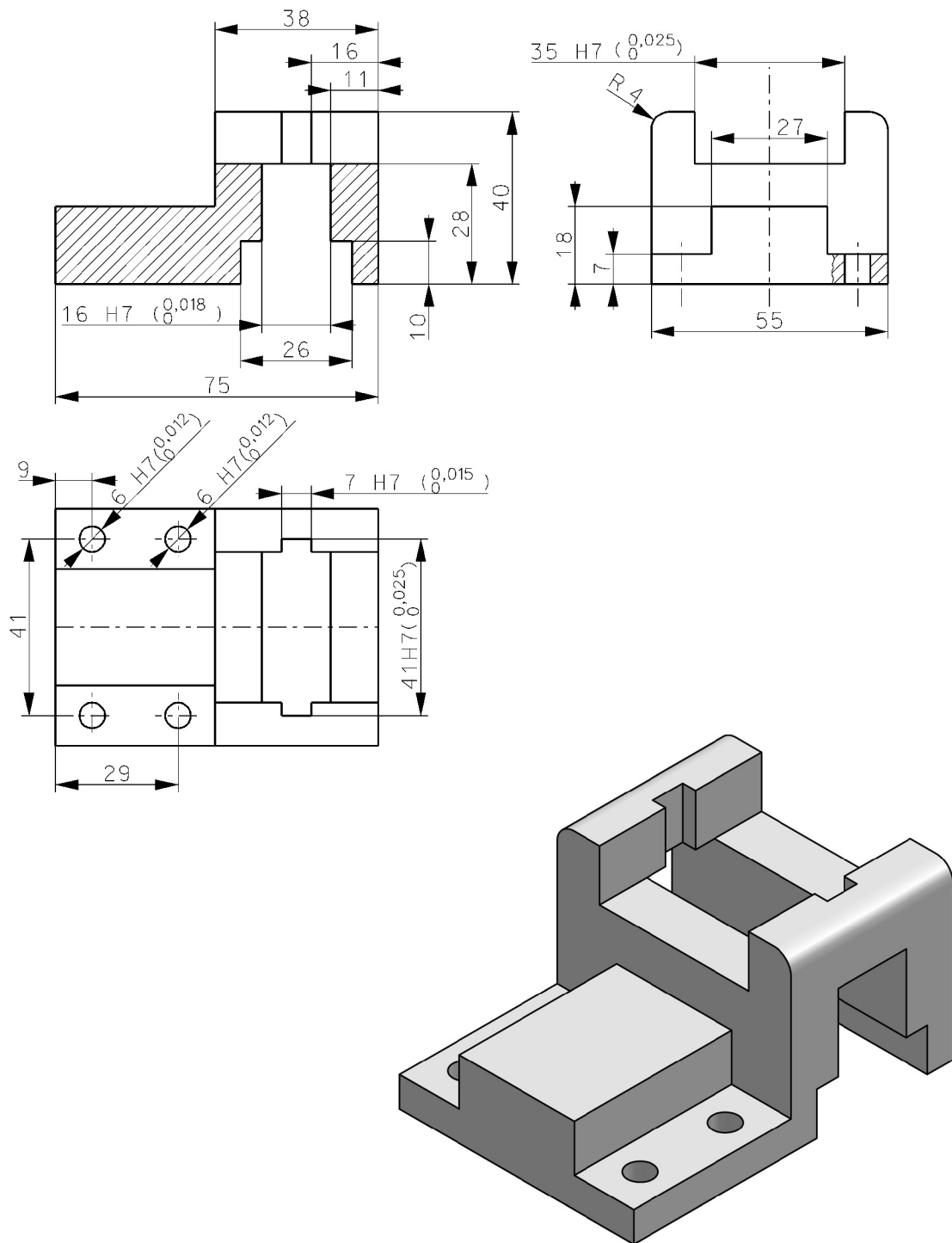
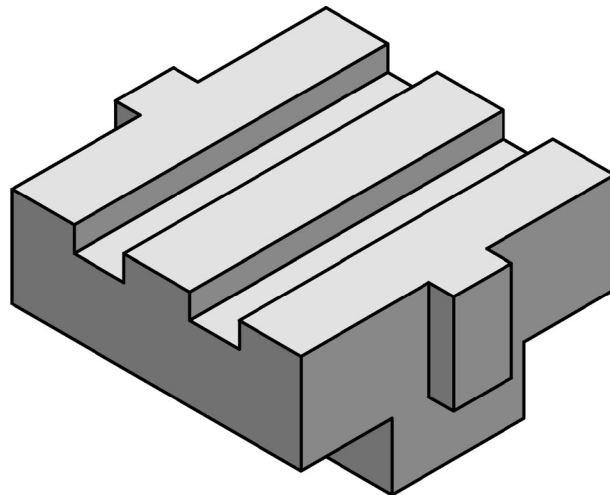
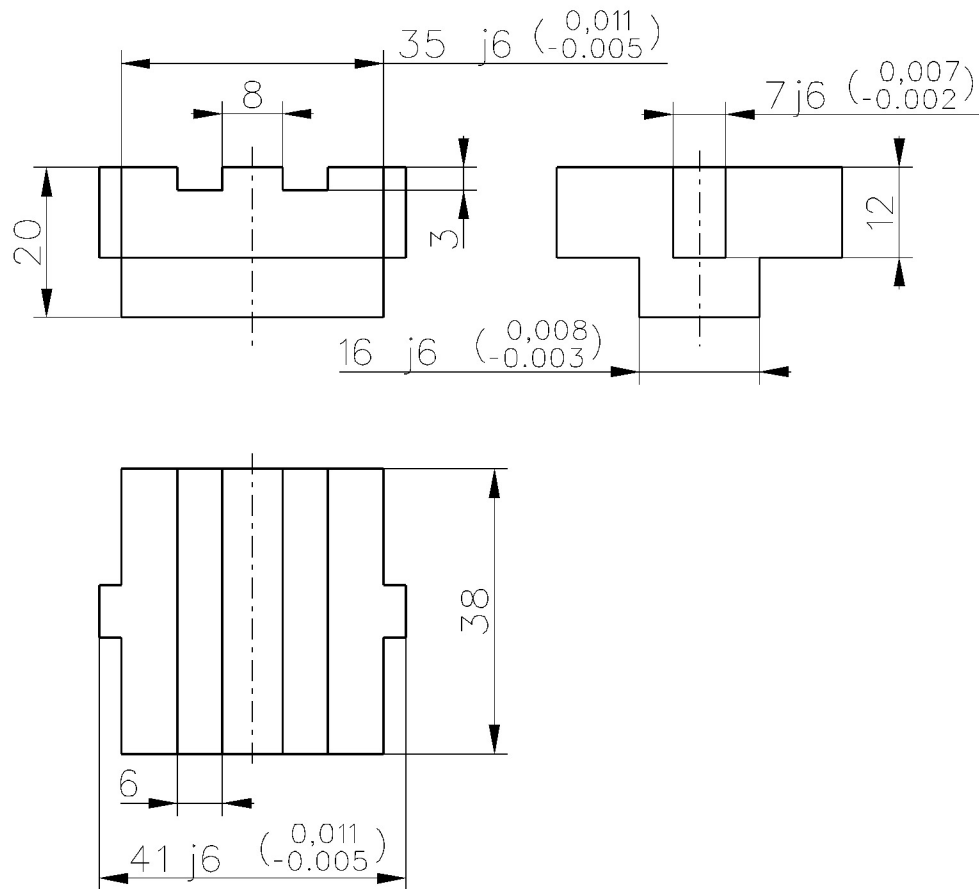




Figura 2.16.1

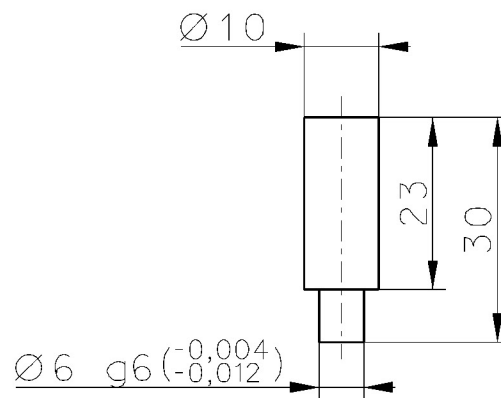
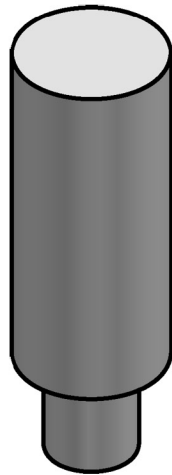






Observaciones		Título: SOPORTE: BASE		Plano nº: c2.e16	
				Hoja nº: 2 de 4	
Escala 2:3	Un. dim. mm		Dibujado por:	Fecha:	
				Comprobado por:	



Observaciones		Título: SOPORTE: TAPA		Plano nº: c2.e16
				Hoja nº: 3 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: SOPORTE: PIVOTE		Plano nº: c2.e16
				Hoja nº: 4 de 4
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 2.17 Guía

En la figura 2.17.1 se ha representado esquemáticamente una guía ajustable. La figura está croquiada, las únicas dimensiones válidas son las dadas en la acotación.

Tanto la base (marca 1) como la tapa (marca 2) tienen un plano de simetría. La tapa encaja sobre la base apoyando las protuberancias cilíndricas de diámetro 20 sobre las ranuras cilíndricas de radio 10 que tiene la base. Los dos agujeros cilíndricos de la base son pasantes y tienen el mismo diámetro que la parte estrecha de los pivotes (marca 3), que encajan en ellos.

Se ha elegido un ajuste forzado ligero entre la base y la tapa. Para el ajuste entre la base y los pivotes, se ha elegido un juego comprendido entre 30 y 140 μm . Ambos ajustes se realizan en sistema de agujero base.

Apartado A

Determine los ajustes entre la base y la tapa, y entre la base y los pivotes.

Indique, en el plano de conjunto, las tolerancias ISO obtenidas al determinar los ajustes.

Apartado B

Obtenga los planos de detalle de las tres piezas que componen el conjunto.

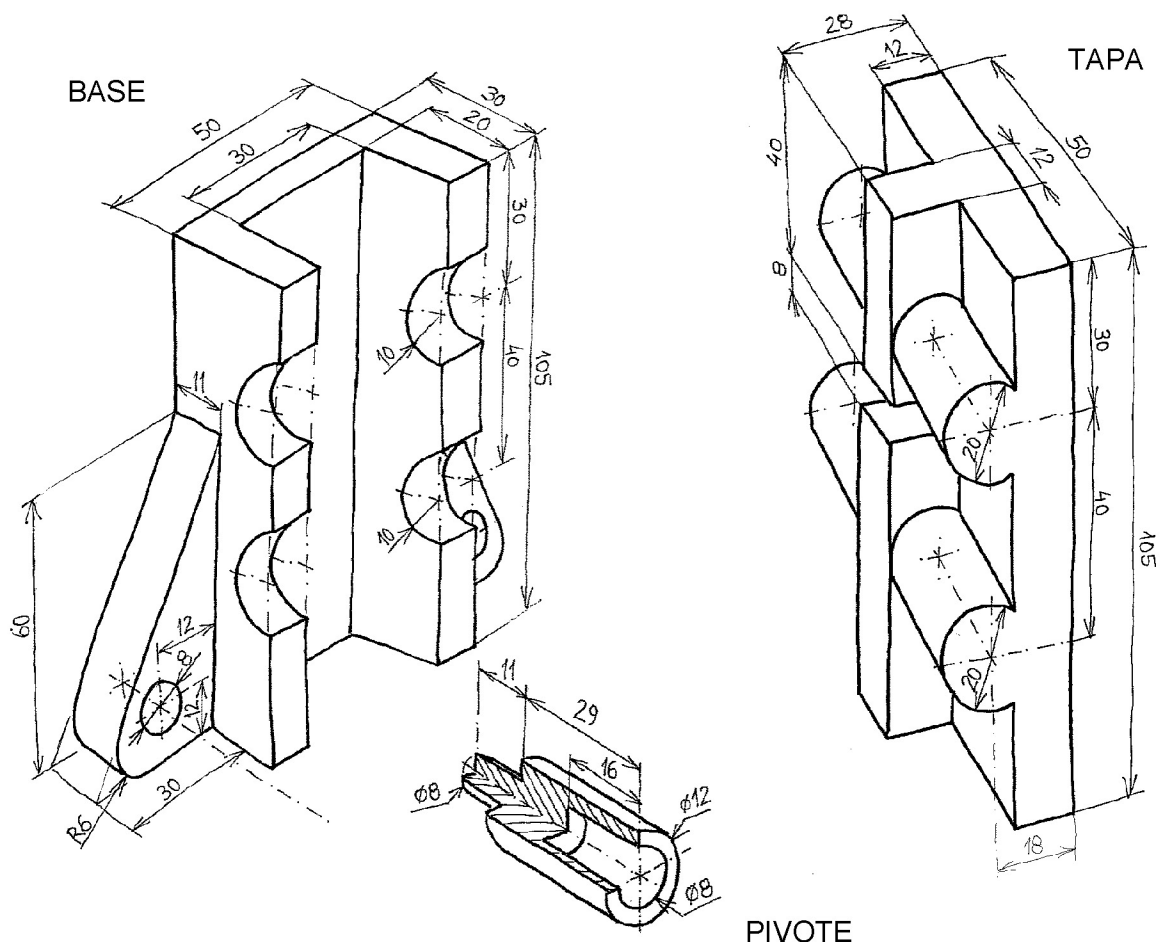
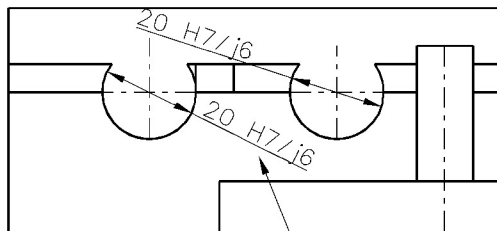
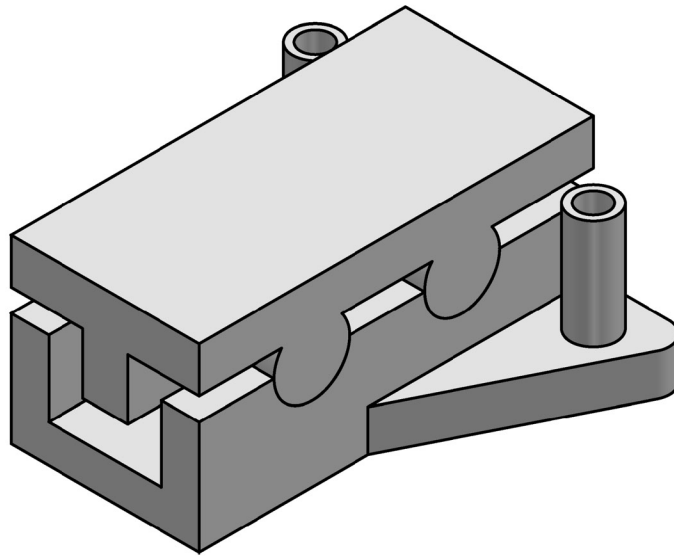
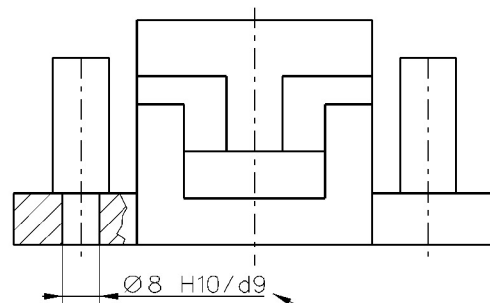


Figura 2.17.1



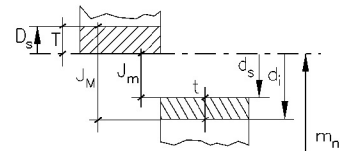
Forzado ligero
con entrada suave \Rightarrow H7 j6



Medida nominal	Tolerancia del juego	Reparto
8	$TJ = JM - Jm = 110$	$IT10 \cdot IT9 = 58 \cdot 36 < 110$

Agujero base	Tolerancia mayor para agujero	Di	Ds	Tolerancia menor para eje	Eje	ds	di
H	$IT=10 \Rightarrow T=58$	0	0,058	$IT=9 \Rightarrow t=36$	d	-0,040	-0,076

Juego máximo	$JM = 140 > Ds - di = T - (ds - t) = 58 - (ds - 36) \Rightarrow -46 > ds$
Juego mínimo	$Jm = 30 < Di - ds = 0 - ds \Rightarrow -30 < ds$



Observaciones

Título:
GUÍA: AJUSTES

Plano nº: c2.e17

Hoja nº: 1 de 4

Escala
5:8

Un. dim. mm

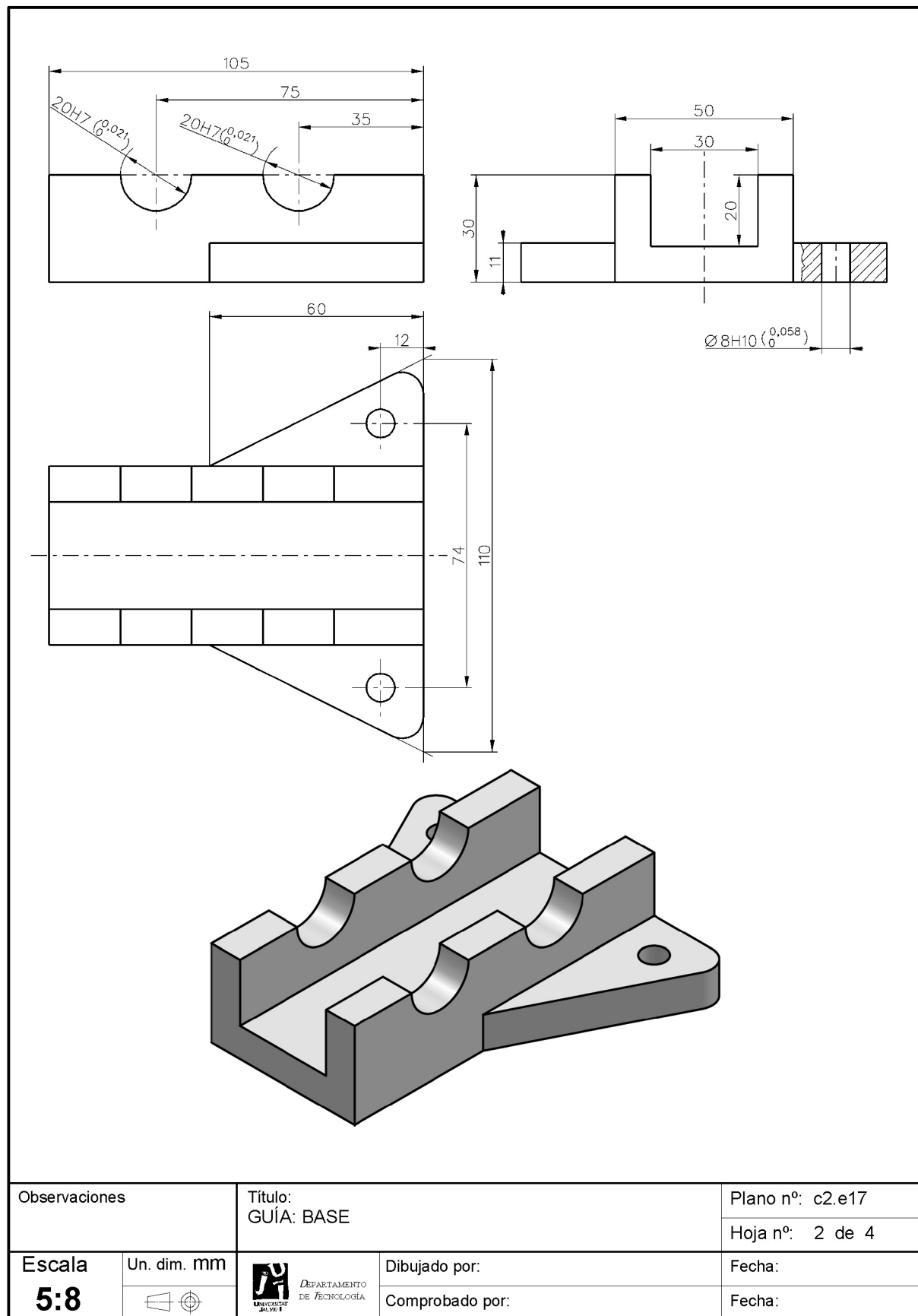


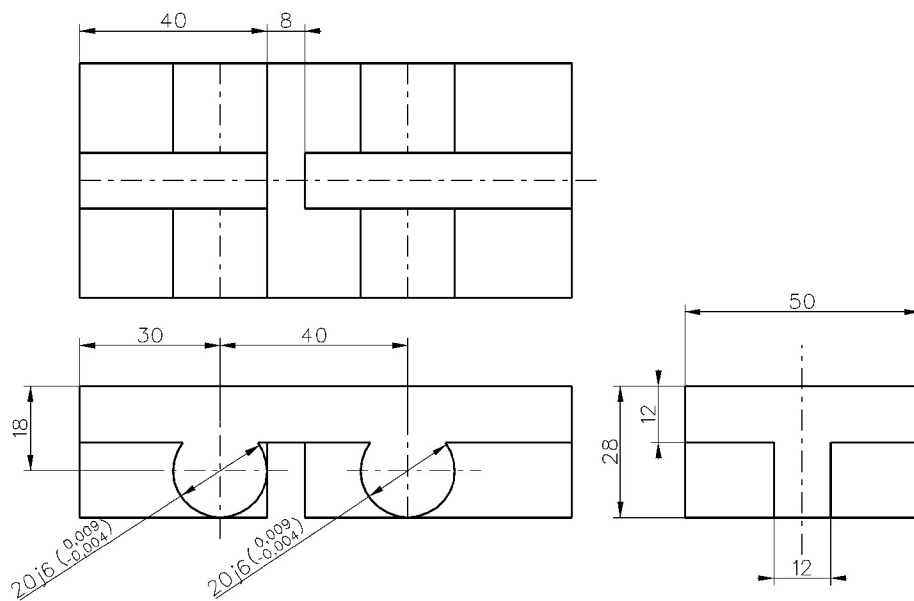
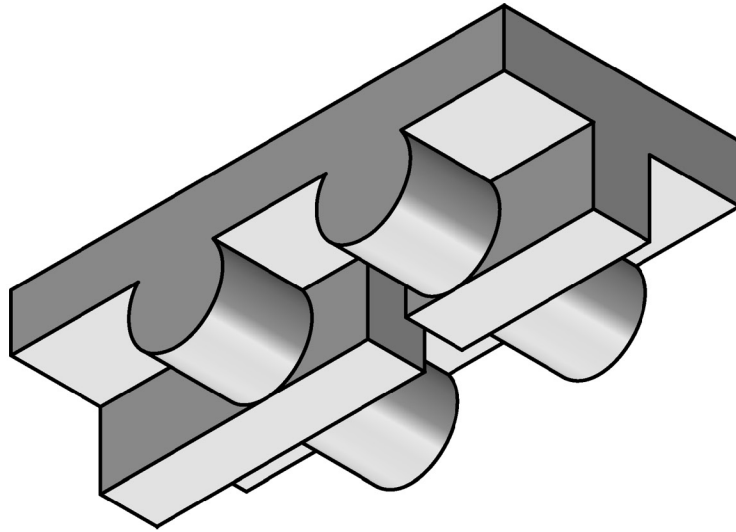
Dibujado por:



Comprobado por:

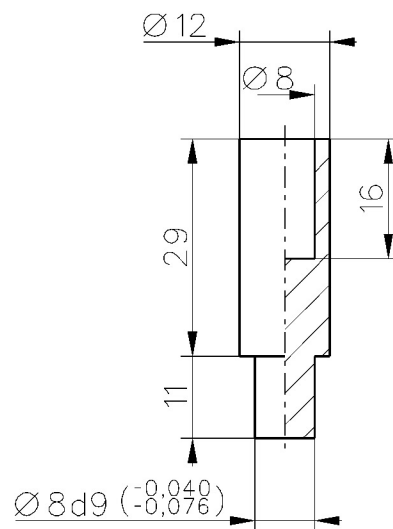
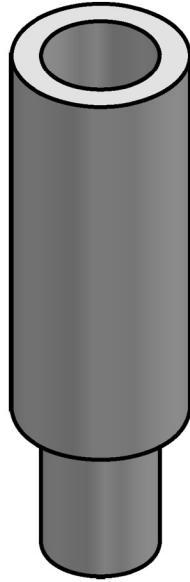
Fecha:


Fecha:





Observaciones		Título: GUÍA: TAPA	Plano nº: c2.e17	
			Hoja nº: 3 de 4	
Escala 5:8	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: GUÍA: PIVOTE	Plano nº: c2.e17	
			Hoja nº: 4 de 4	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 2.18 Bisagra

En la figura 2.18.1 se ha representado esquemáticamente el diseño conceptual de una bisagra. La figura está croquizada y no se aportan dimensiones detalladas. Para realizar el diseño de detalle hay que asignar dimensiones, a partir de unas dimensiones máximas aproximadas de 80 mm de anchura por 60 mm de altura del conjunto bisagra montado y con los soportes abiertos. El diámetro del cilindro principal del eje es de 9 mm.

Las piezas que componen el conjunto son:

- El soporte móvil (marca 1), de acero inoxidable, consta de una parte cilíndrica y una chapa plana colocada de forma que su cara exterior resulte tangente a la parte cilíndrica. Para unir ambas partes se utilizan dos cordones de soldadura: un cordón angular z3 y acabado cóncavo por su cara interior (la que no es tangente al cilindro) y un cordón s2 a tope en bisel simple con talón de raíz amplio y acabado plano por la cara exterior (tangente al cilindro).
- La arandela de fricción (marca 2) es de nylon, sirve para minimizar el rozamiento entre la boca inferior de la marca 1 y el anillo de la marca 3 sobre el que descansa.
- El eje (marca 3) es de acero inoxidable, y encaja en sendos agujeros ciegos de las partes cilíndricas de los soportes.
- El soporte fijo (marca 1), que es idéntico al soporte móvil, aunque realiza una función diferente.
- Los seis tirafondos de fijación (marca 4) son tornillos con rosca autorroscante para madera, de cabeza avellanada ranurada.

Durante el montaje en fábrica, la parte inferior del eje (marca 3) encaja en el soporte fijo inferior (marca 1). El ajuste es de agujero base H7. Se ha recurrido a un ajuste forzado medio (de adherencia, para montar con mazo y bloquear tanto el giro como el deslizamiento) para que no haya giro entre ambas marcas (3 y 1).

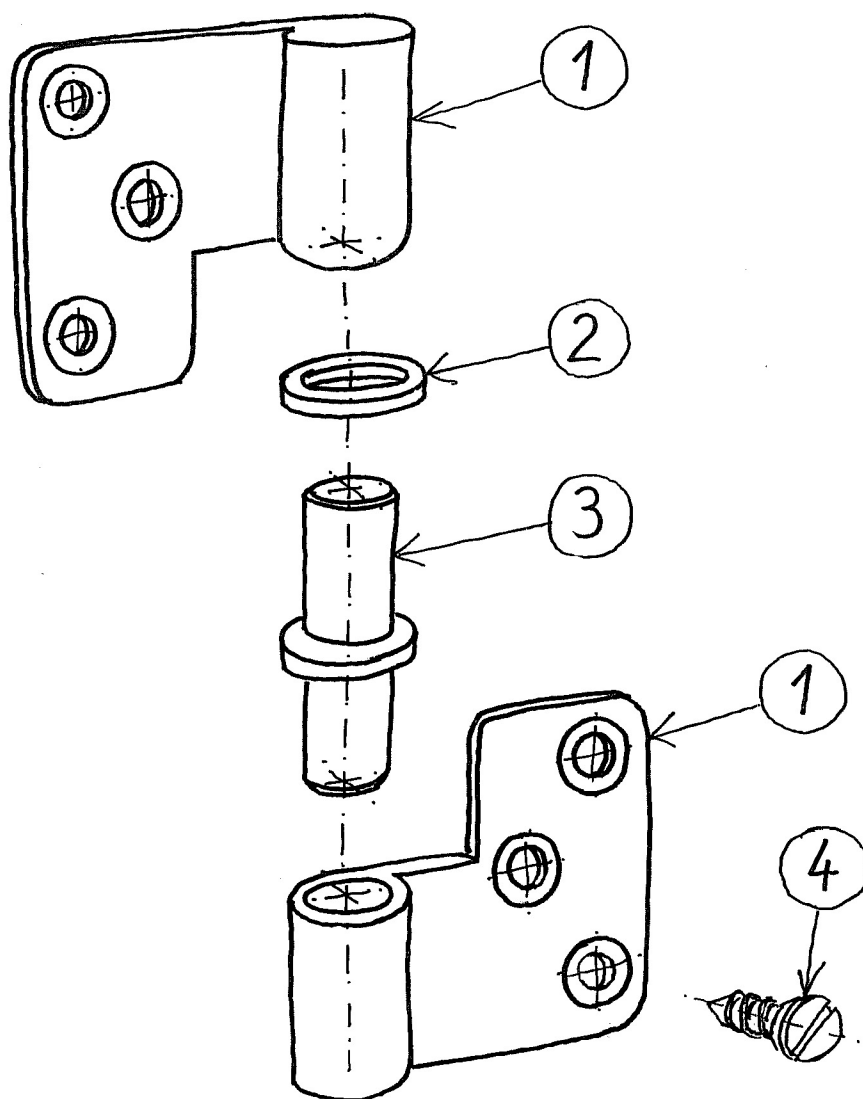
Para colocar una puerta con dos bisagras, primero se atornillan al marco dos subconjuntos formados por un soporte fijo (inferior), eje y arandela. Luego se atornillan dos soportes móviles (superiores) a la puerta. Entonces, la puerta se coloca abierta de forma que el agujero cilíndrico de cada soporte móvil quede en la vertical del correspondiente eje, al deslizar la puerta hacia abajo, las bisagras quedan completamente montadas. En consecuencia, se ha elegido un ajuste con juego para la unión entre ejes y soportes móviles, para que la puerta pueda abrirse y cerrarse girando con precisión y sin desencajarse. También se consigue que pueda montarse y desmontarse del marco (deslizándolo arriba y abajo). El ajuste es en sistema de agujero base H7 (para que el mismo soporte sirva en ambas posiciones) y los juegos que se buscan para conseguir un ajuste deslizante y giratorio con engrase son: mínimo de 25 μm y máximo de 69 μm .

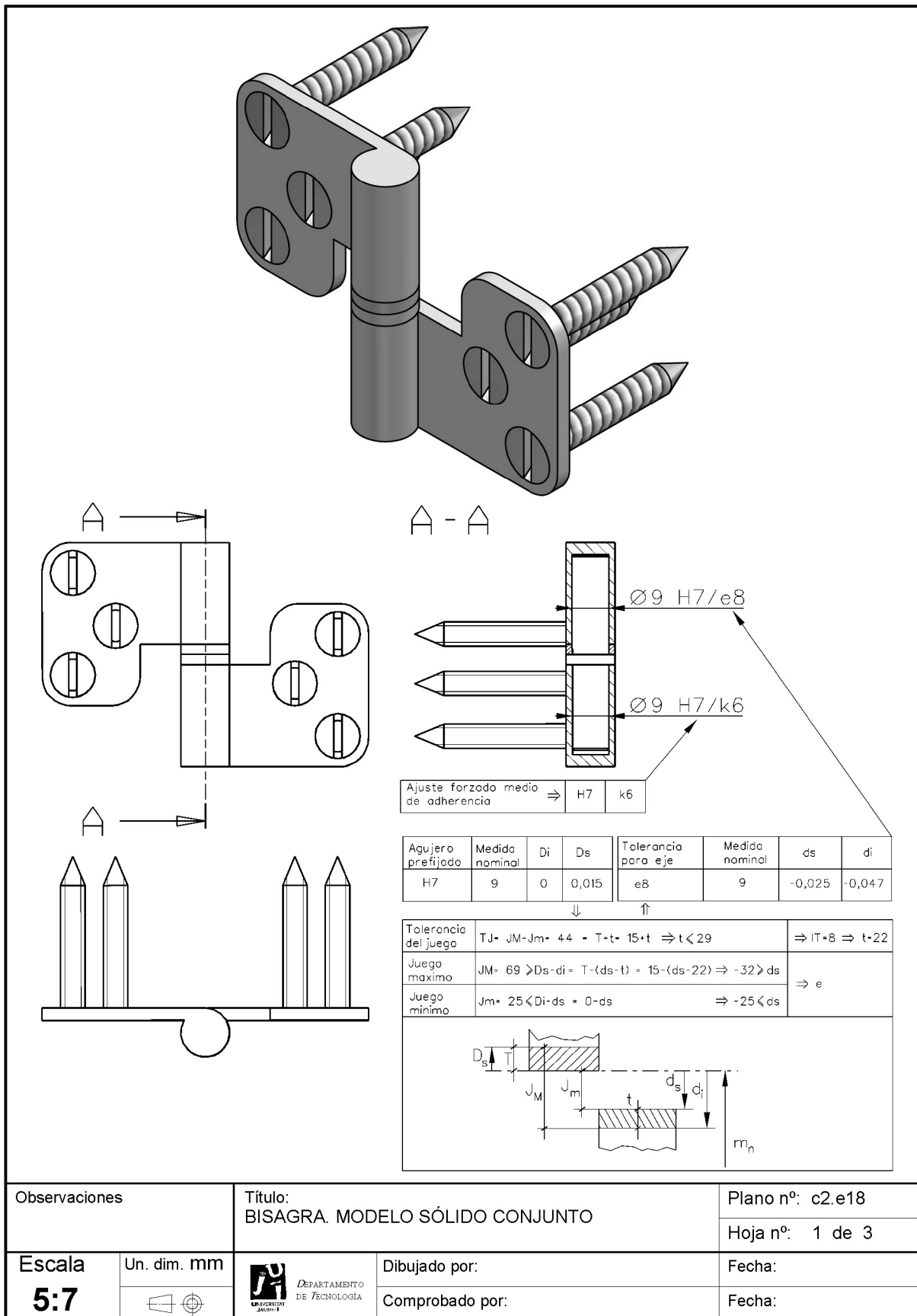
Apartado A

Determine los ajustes entre el eje y el soporte fijo, y entre el eje y el soporte móvil. Indique, en los planos apropiados, las tolerancias ISO obtenidas al determinar los ajustes.

Apartado B

Obtenga los planos de detalle de las marcas 1 y 3, incluyendo las tolerancias y los procesos de fabricación indicados arriba.

*Figura 2.18.1*



Observaciones

Título:
BISAGRA. MODELO SÓLIDO CONJUNTO

Plano nº: c2.e18

Hoja nº: 1 de 3

Escala

5:7

Un. dim. mm

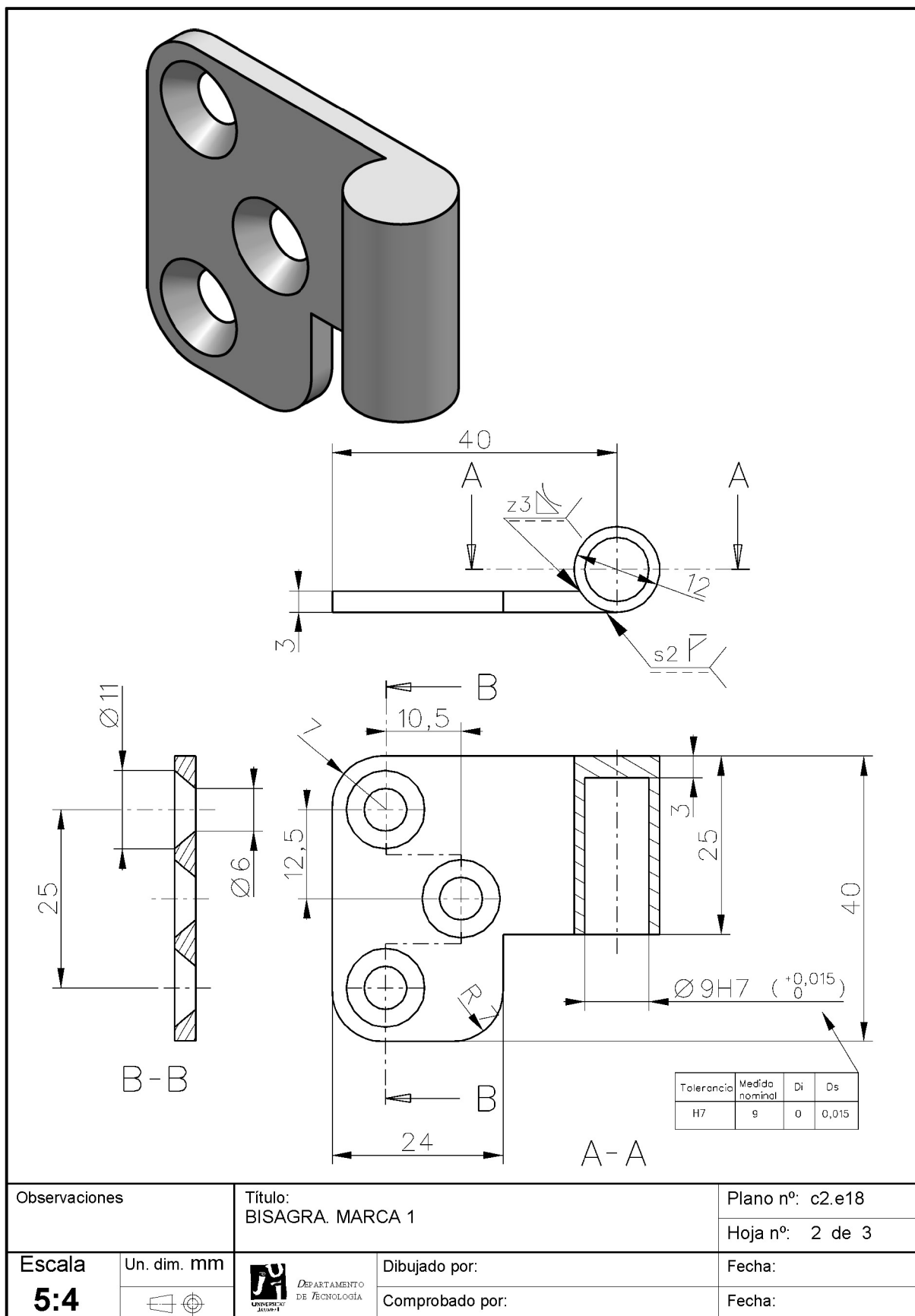
DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Dibujado por:

Comprobado por:

Fecha:

Fecha:



Observaciones

Título:
BISAGRA. MARCA 1

Plano nº: c2.e18

Hoja nº: 2 de 3

Escala
5:4

Un. dim. mm



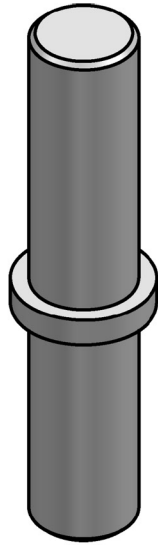
DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Dibujado por:

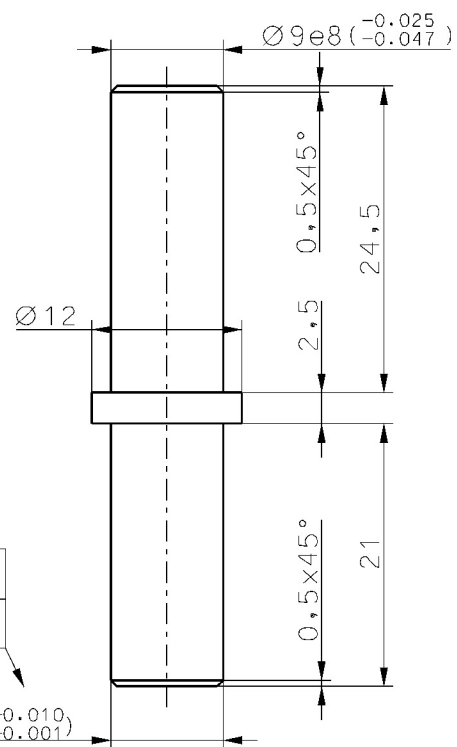
Fecha:

Comprobado por:



Fecha:



Medida nominal	Indice de tolerancia	Posicion de tolerancia	t	ds	di
9	8	e	0,022	-0,025	-0,047



Medida nominal	Indice de tolerancia	Posicion de tolerancia	t	di	ds
9	6	k	0,009	0,001	0,010

Observaciones		Título: BISAGRA. MARCA 3		Plano nº: c2.e18	
				Hoja nº: 3 de 3	
Escala 5:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:	
				Fecha:	

Ejercicio 2.19 Cierre

En la figura 2.19.1 se muestra una perspectiva de un cierre compuesto por un calzo corto (marca 1), un calzo largo (marca 2) y una pinza (marca 3). El diseño de detalle de las tres piezas puede deducirse de la información de conjunto dada en la figura 2.19.2.

Para conseguir el funcionamiento deseado, se han asignado los siguientes ajustes a las tres dimensiones indicadas en la figura 2.19.2:

- un juego ligero para piezas que giran o deslizan (en sistema de agujero base), tanto para la dimensión de 40 mm como para la de 50 mm,
- un ajuste para la cota de 90 mm con juego comprendido entre 100 y 200 μm (normalizado según ISO en sistema de agujero base).

Apartado A

Determine la cadena de cotas que intervienen en el ajuste de la dimensión de 90 mm.

Apartado B

Determine los ajustes indicados arriba, obteniendo las tolerancias ISO correspondientes.

Apartado C

Obtenga los planos de detalle de las marcas 1, 2 y 3, incluyendo las tolerancias.

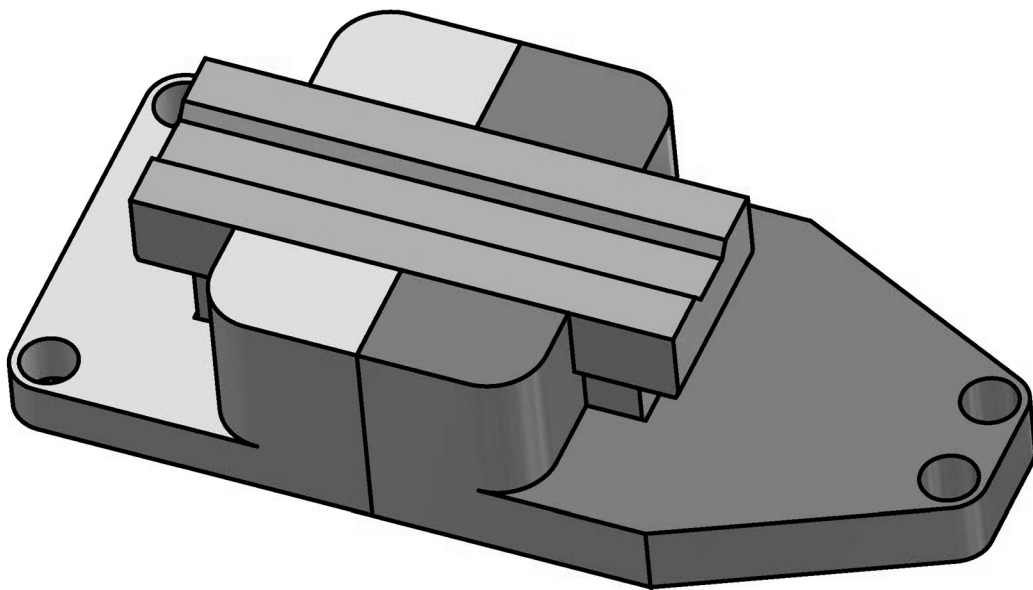


Figura 2.19.1

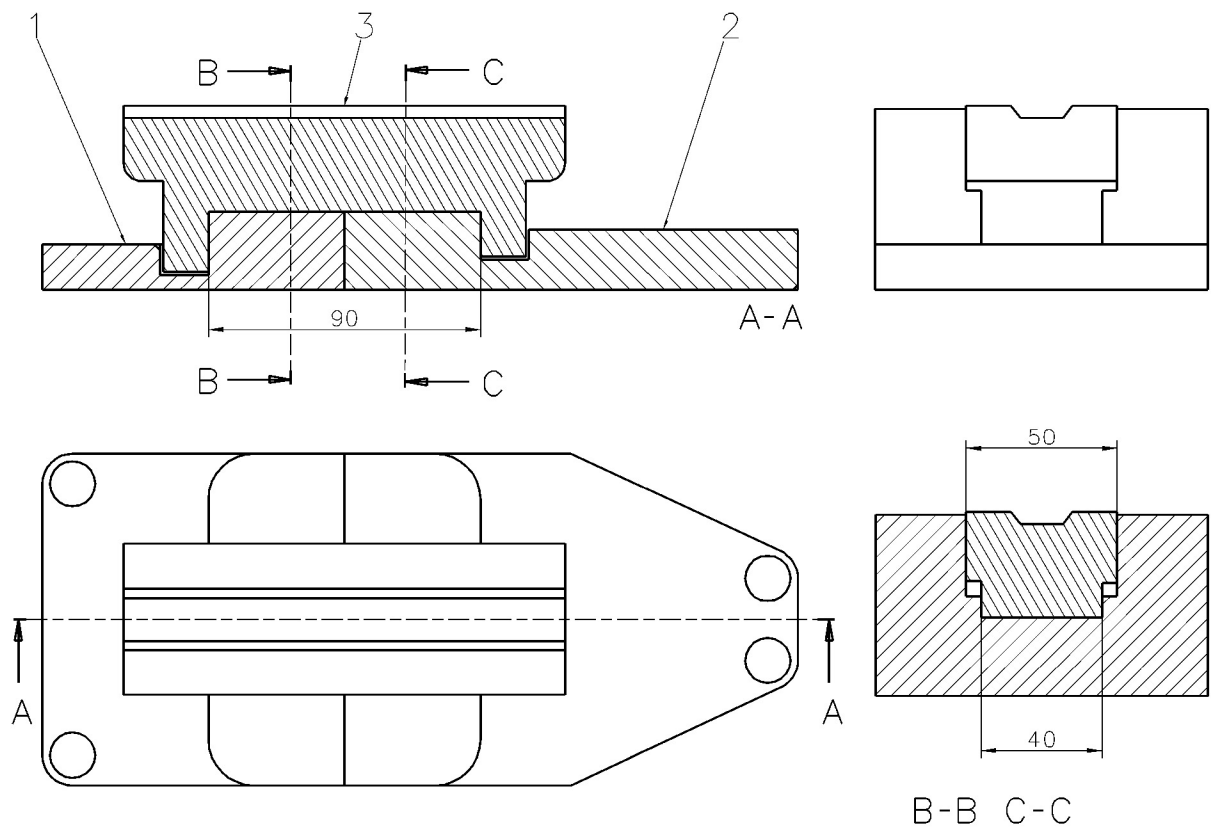
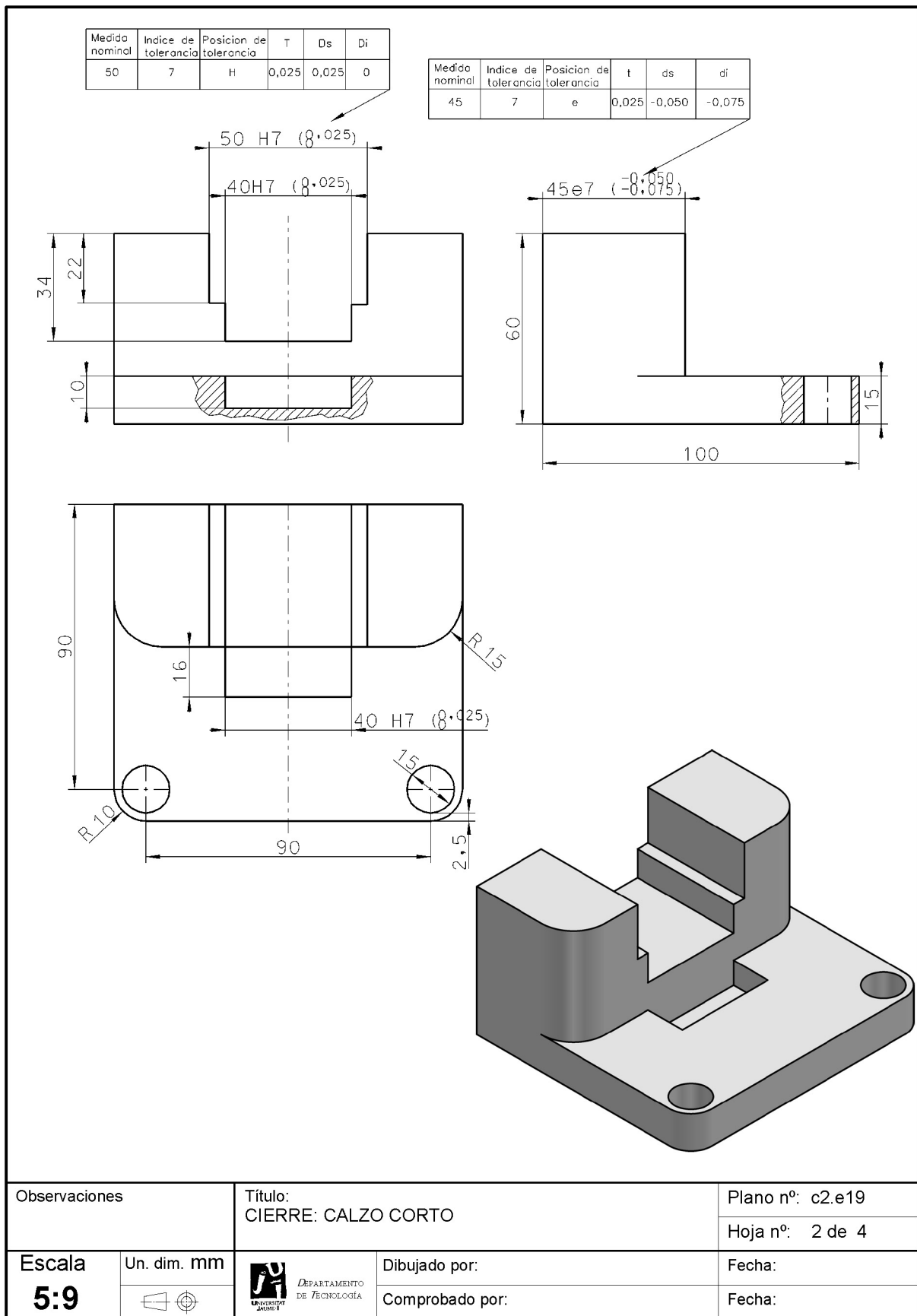
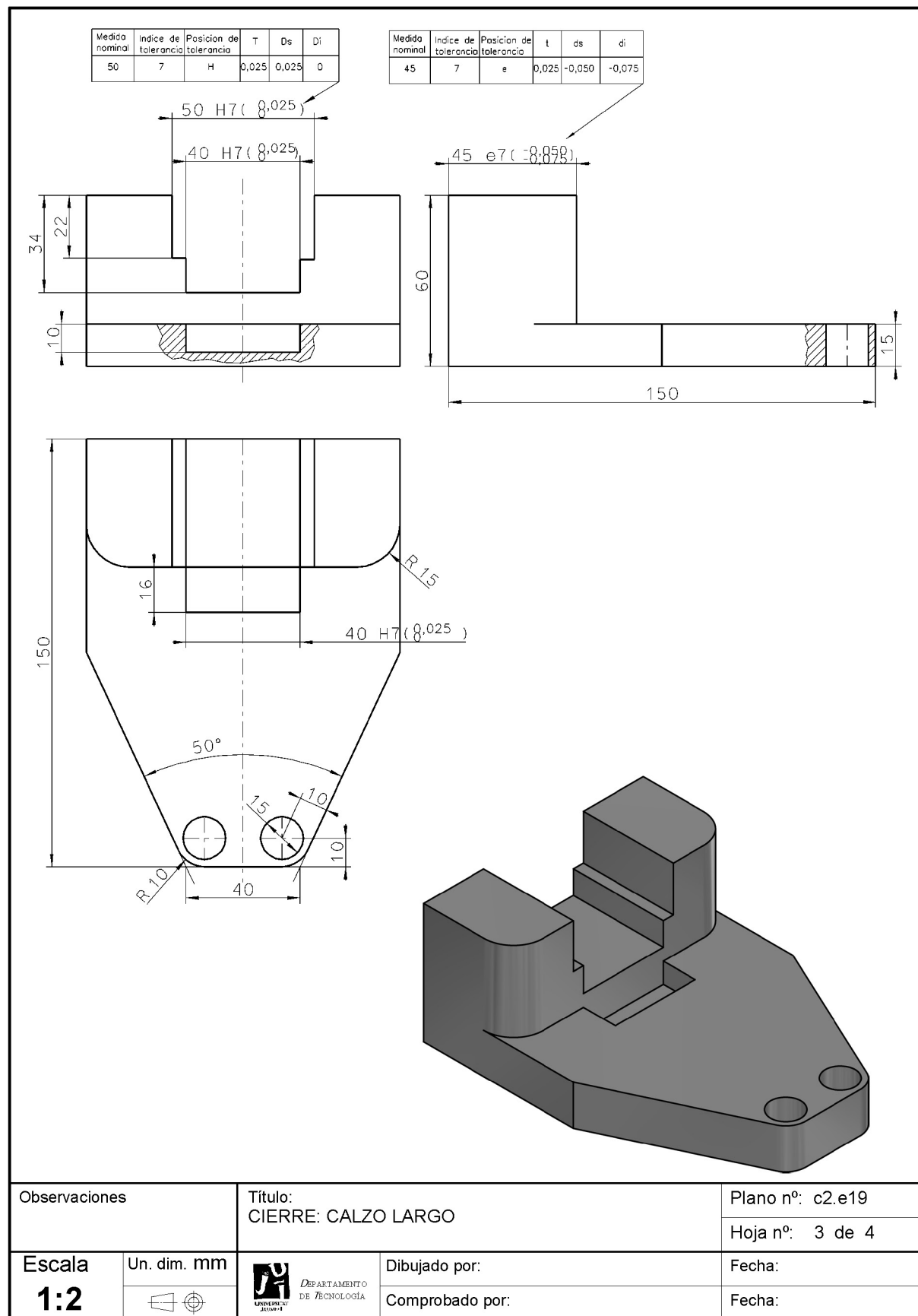
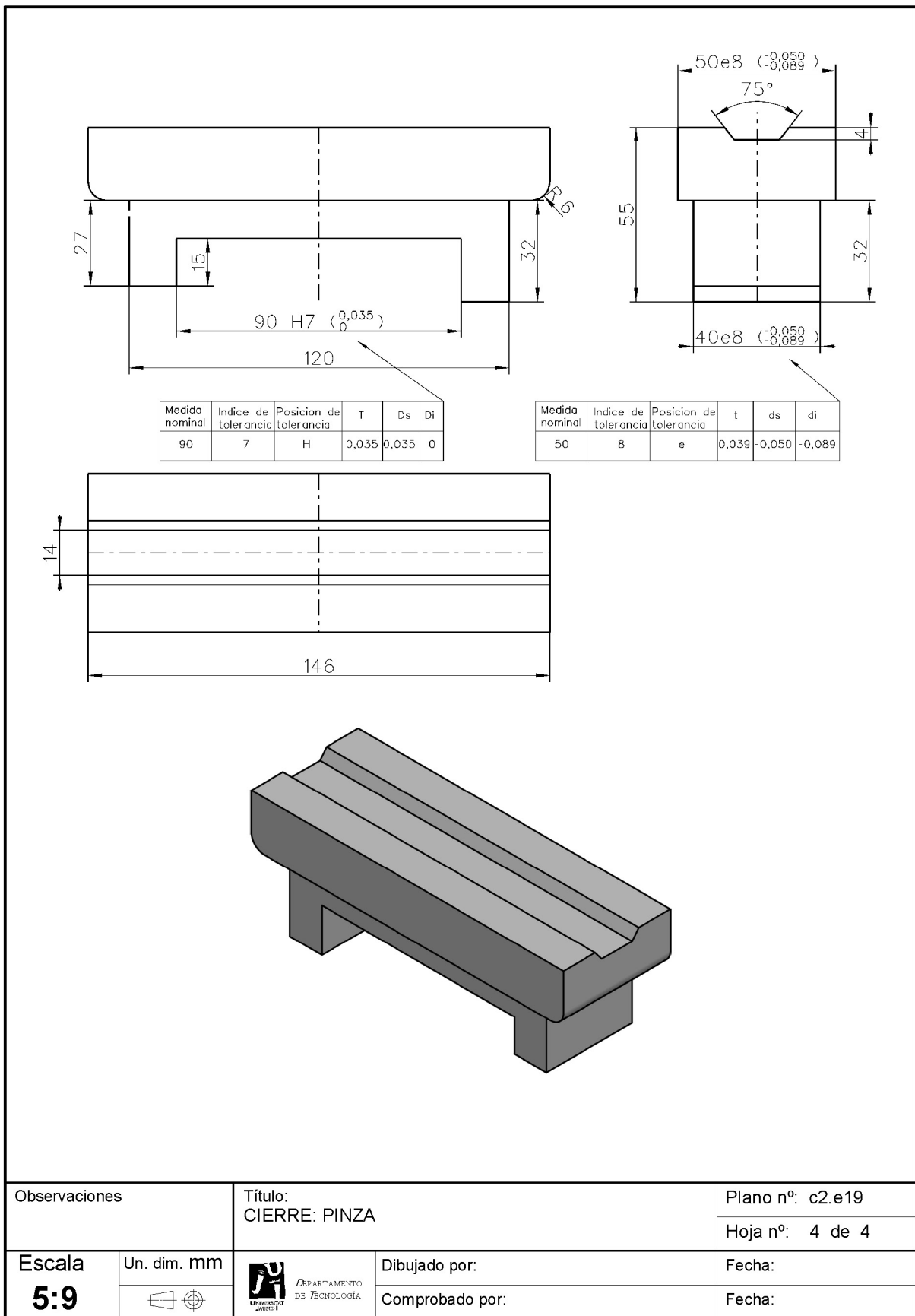


Figura 2.19.2







Observaciones

Título:
CIERRE: PINZA

Plano nº: c2.e19

Hoja nº: 4 de 4

Escala

5:9

Un. dim. mm

DEPARTAMENTO
DE TECNOLOGÍA

Dibujado por:

Comprobado por:

Fecha:

Fecha:

Ejercicio 2.20 Árbol de engranajes

En la figura 2.20.1 se ha representado la vista en explosión de un subconjunto de un sistema de transmisión. El subconjunto está formado por un árbol (marca 1), una arandela (marca 2), un piñón (marca 3), un casquillo separador (marca 4) y una rueda dentada (marca 5). Tanto el piñón como la rueda dentada encajan en las acanaladuras del eje, mientras que la arandela y el casquillo deslizan sobre el eje y sirven para mantener a las dos ruedas dentadas en la posición deseada.

Para asegurar que el subconjunto pueda ensamblarse y cumplir los requisitos funcionales para los que ha sido diseñado, es necesario garantizar que la medida nominal de 5 mm indicada en la figura 2.20.2 (dibujada a escala 2/5) esté comprendida entre los valores límite de 5,300 y 4,800 mm.

Apartado A

Determine la cadena de cotas que intervienen en la tolerancia indicada arriba.

Apartado B

Sobre el dibujo de conjunto del ensamblaje indique un conjunto de tolerancias que garanticen la condición funcional explicada arriba. Las tolerancias obtenidas no tienen que pertenecer al sistema ISO y debe realizar el reparto de tolerancias proporcional a las medidas nominales.

Apartado C

Obtenga los planos de detalle de todas las piezas, indicando las tolerancias necesarias para garantizar la condición funcional explicada arriba.

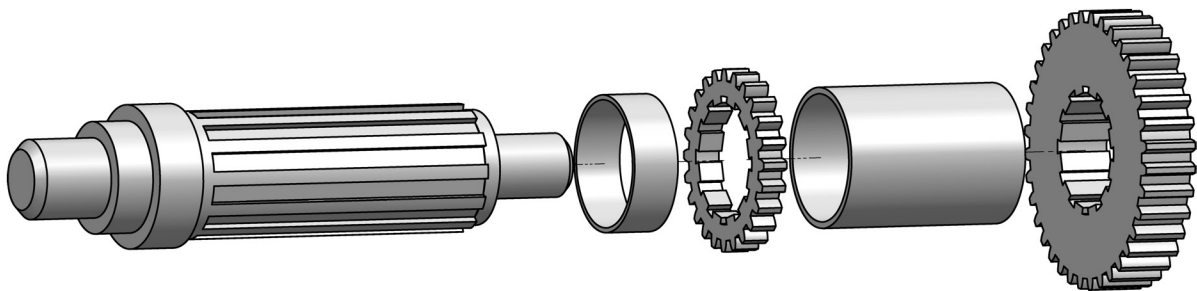


Figura 2.20.1

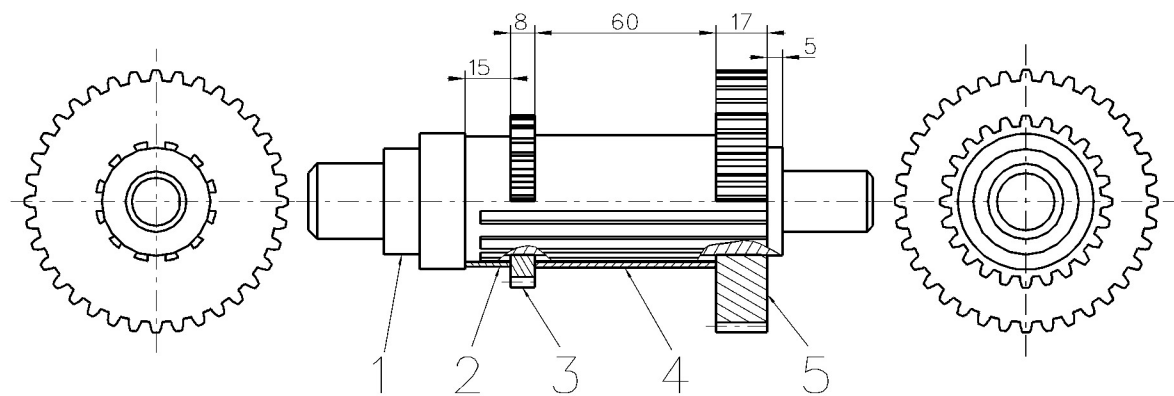
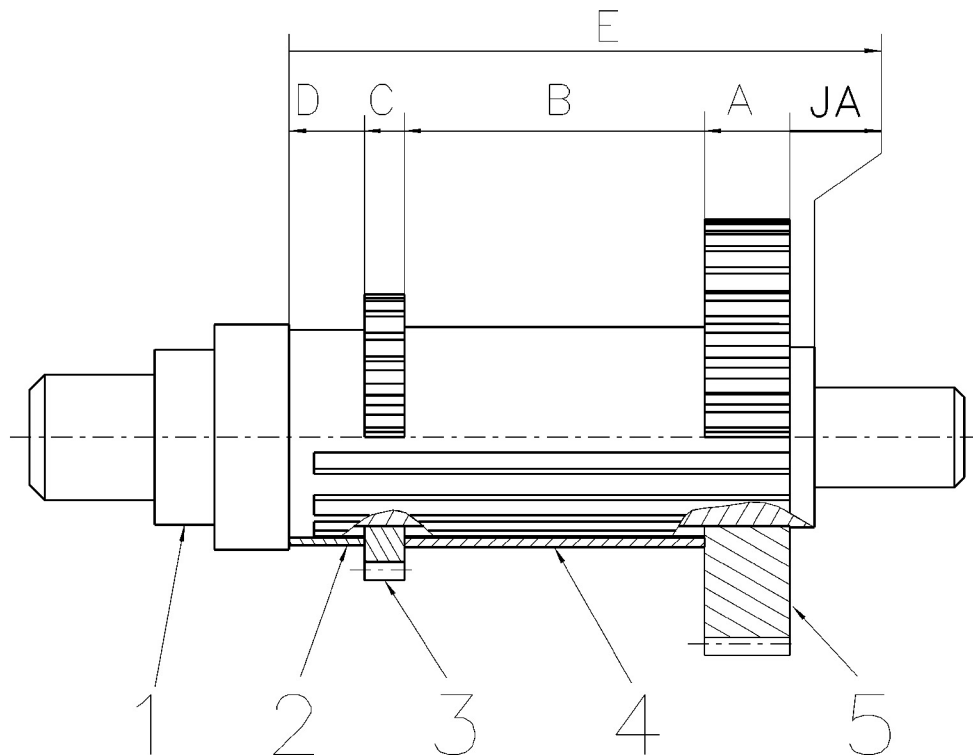


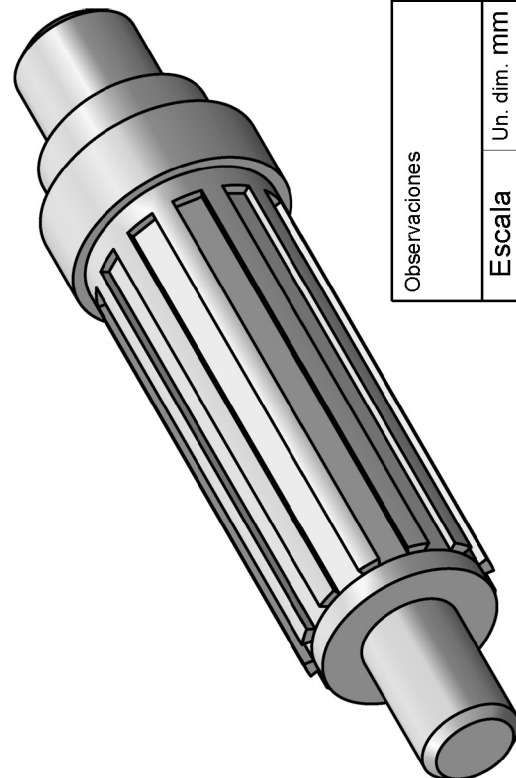




Figura 2.20.2

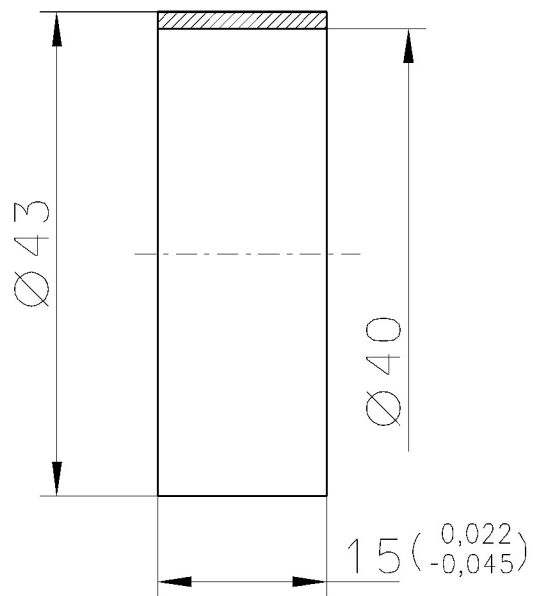




Ajuste indeterminado $\Rightarrow JM+AM= 0,300+0,200- \sum t \Rightarrow t_E + t_A + t_B + t_C + t_D < 0,500$				
Marca 1 base	$\Rightarrow d_{Es} = 0, d_{Ei} = t_E$		Medida nominal 105	$IT_E = 8 \Rightarrow d_{Ei} = -0,054$ h8
Reparto de tolerancias	$\Rightarrow t_A + t_B + t_C + t_D < 0,450 \Rightarrow$ Proporcional a la longitud $\Rightarrow t_A < 0,077 \quad t_B < 0,270 \quad t_C = 0,036 \quad t_D < 0,068$			
Juego máximo	\Rightarrow Criterio $d_i < 0$ $d_s > 0 \Rightarrow JM = 0,300 = d_{Es} + d_{Ai} + d_{Bi} + d_{Ci} + d_{Di} \Rightarrow 0,300 = 0 + 0,051 + 0,180 + 0,024 + 0,045$			
Apriete máximo	\Rightarrow Criterio $d_i < 0$ $d_s > 0 \Rightarrow AM = 0,200 = d_{Ei} + d_{As} + d_{Bs} + d_{Cs} + d_{Ds} \Rightarrow 0,200 = 0,054 + 0,025 + 0,088 + 0,012 + 0,022$			
Medida nominal 17	desviación superior	0,025	desviación inferior	-0,051
Medida nominal 60	desviación superior	0,088	desviación inferior	-0,180
Medida nominal 8	desviación superior	0,012	desviación inferior	-0,024
Medida nominal 15	desviación superior	0,022	desviación inferior	-0,045

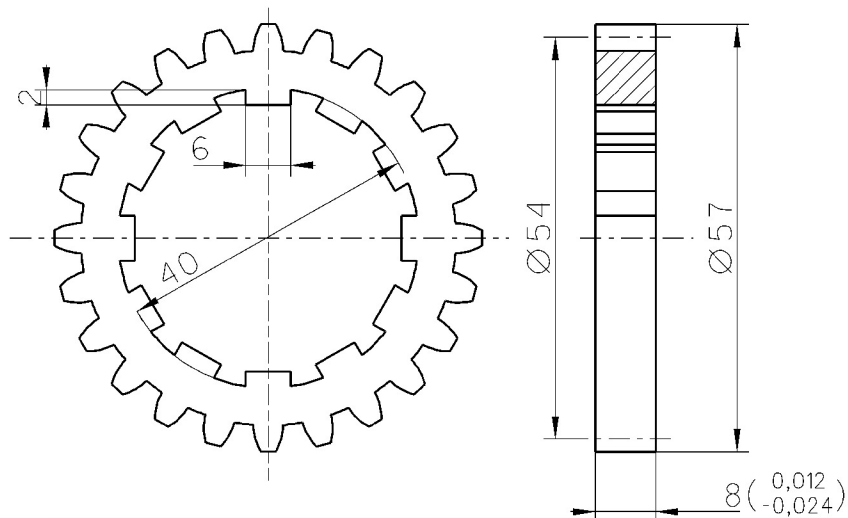
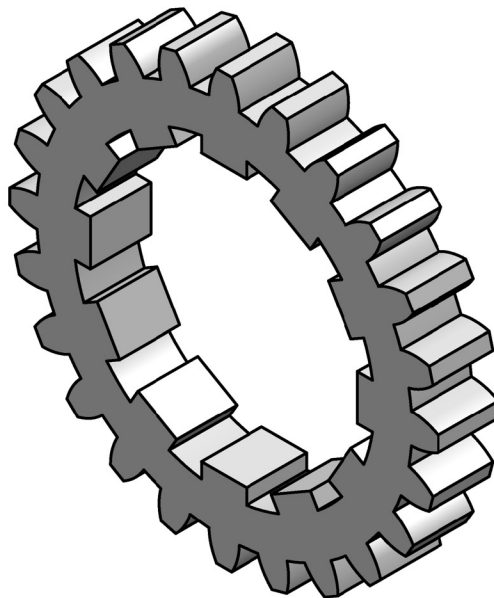
Observaciones		Título: ÁRBOL DE ENGRANAJES. CADENA DE TOLERANCIAS		Plano nº: c2.e20
				Hoja nº: 1 de 6
Escala 2:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:





Observaciones	Título: ÁRBOL DE ENGRANAJES: ÁRBOL		Plano n°: c2.e20
			Hoja n°: 2 de 6
Escala 2:3	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DE JAÉN	Dibujado por:
			Comprobado por:
			Fecha:
			Fecha:

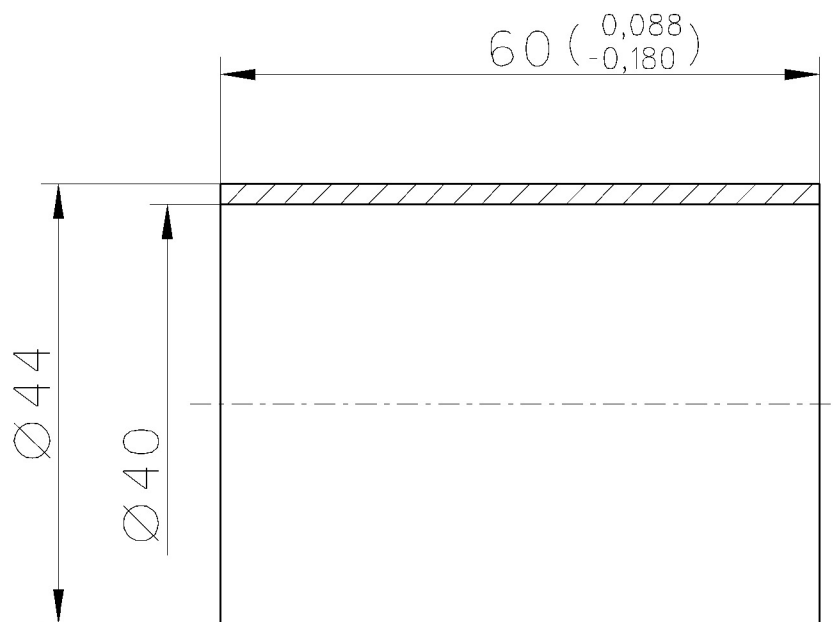
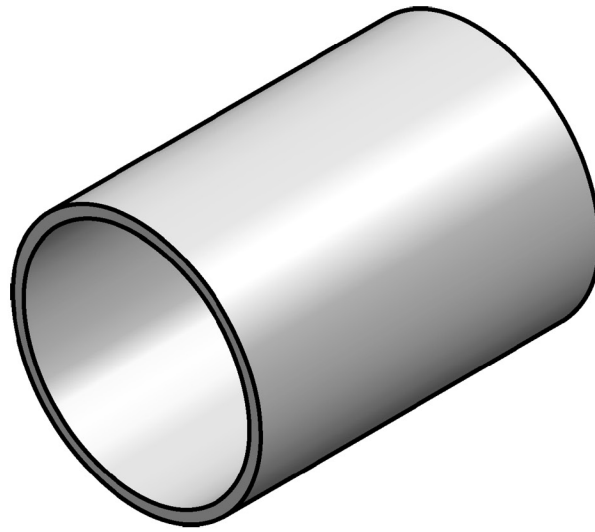




Observaciones		Título: ÁRBOL DE ENGRANAJES. ARANDELA	Plano nº: c2.e20	
			Hoja nº: 3 de 6	
Escala 3:2	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSITAT JAÉN	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:

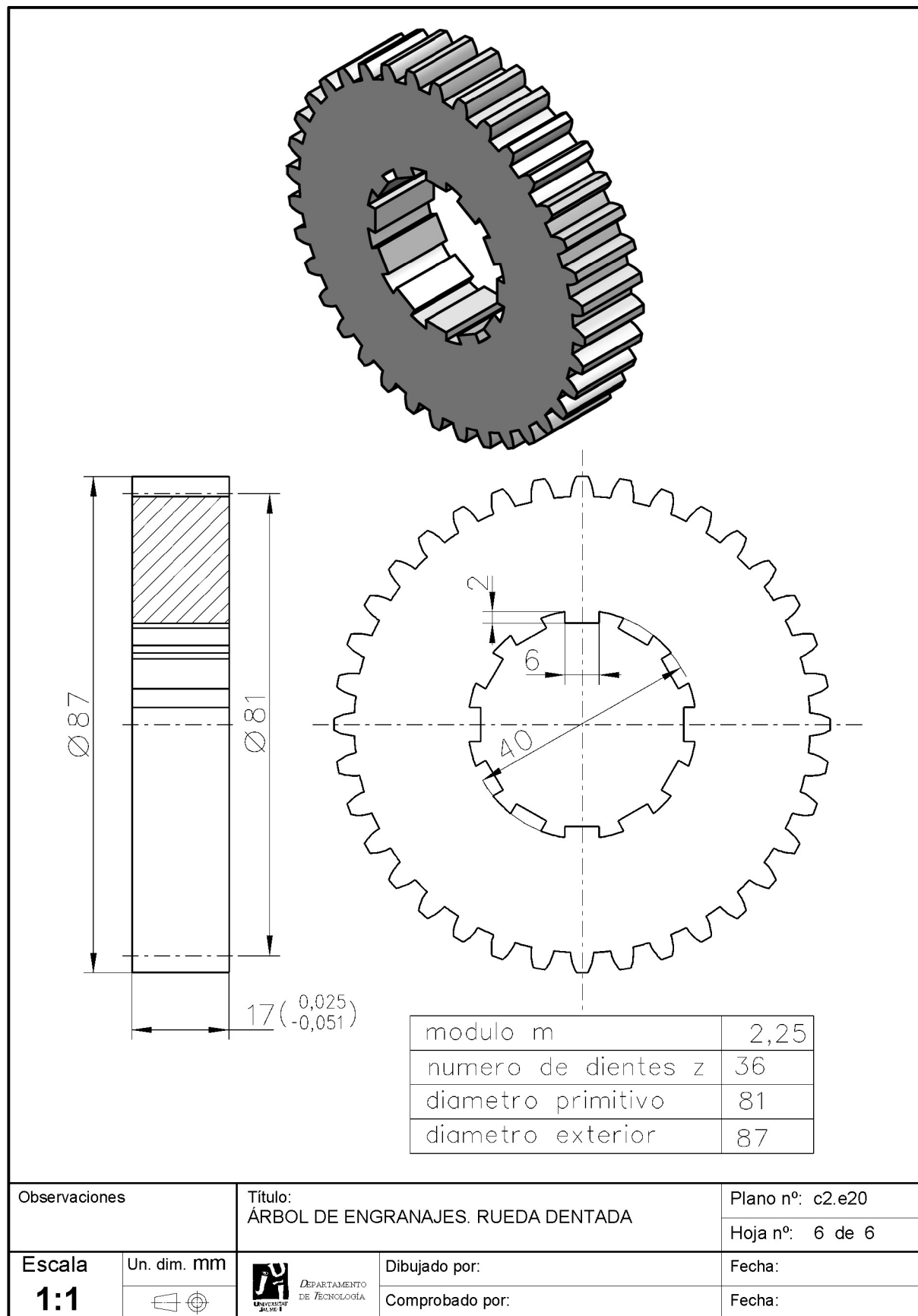


modulo m	2,25
numero de dientes z	24
diametro primitivo	54
diametro exterior	57

Observaciones		Título: ÁRBOL DE ENGRANAJES. PIÑÓN	Plano nº: c2.e20	
			Hoja nº: 4 de 6	
Escala 1:1	Un. dim. mm	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Observaciones		Título: ÁRBOL DE ENGRANAJES. CASQUILLO	Plano nº: c2.e20	
			Hoja nº: 5 de 6	
Escala 4:3	Un. dim. mm 	 DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA	Dibujado por:	Fecha:
			Comprobado por:	Fecha:



Ejercicio 2.21 Tapa

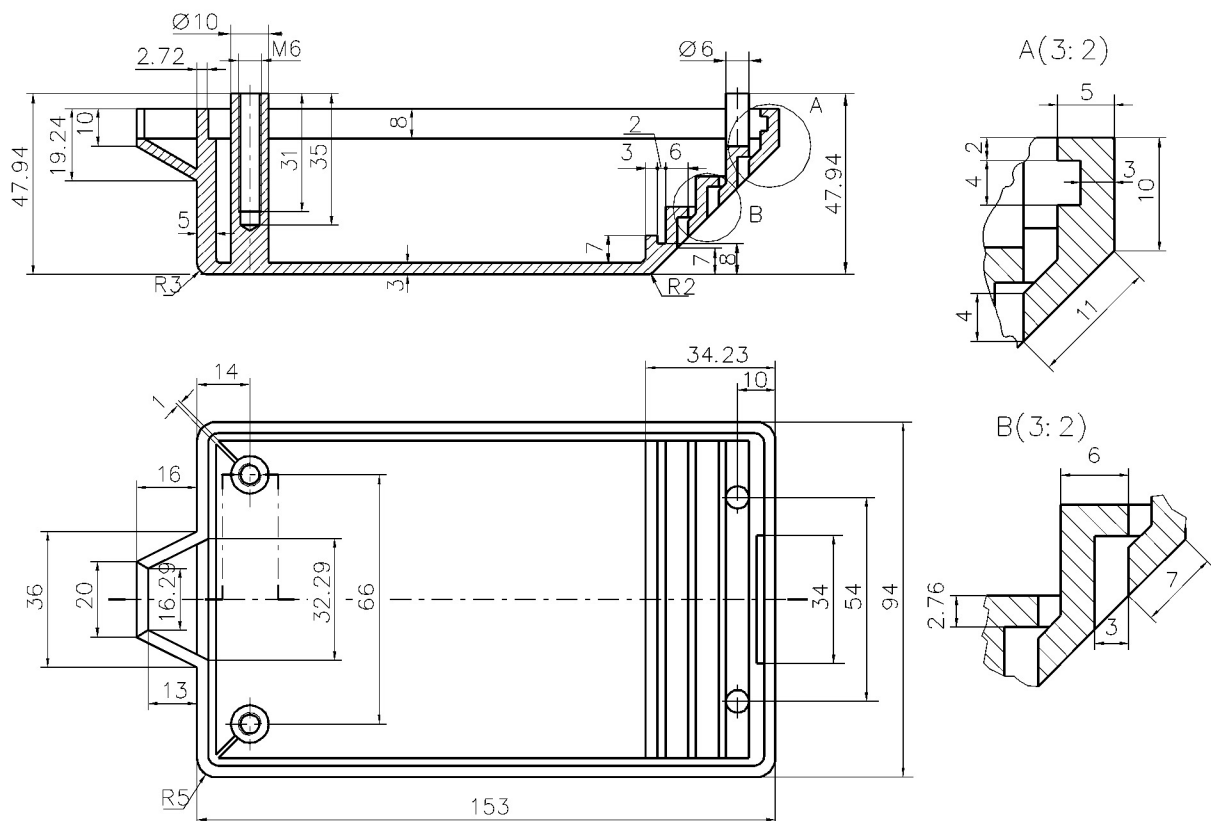
En la figura 2.21.1 se ha representado el dibujo de detalle de una tapa por medio de las vistas, cortes y cotas necesarias.

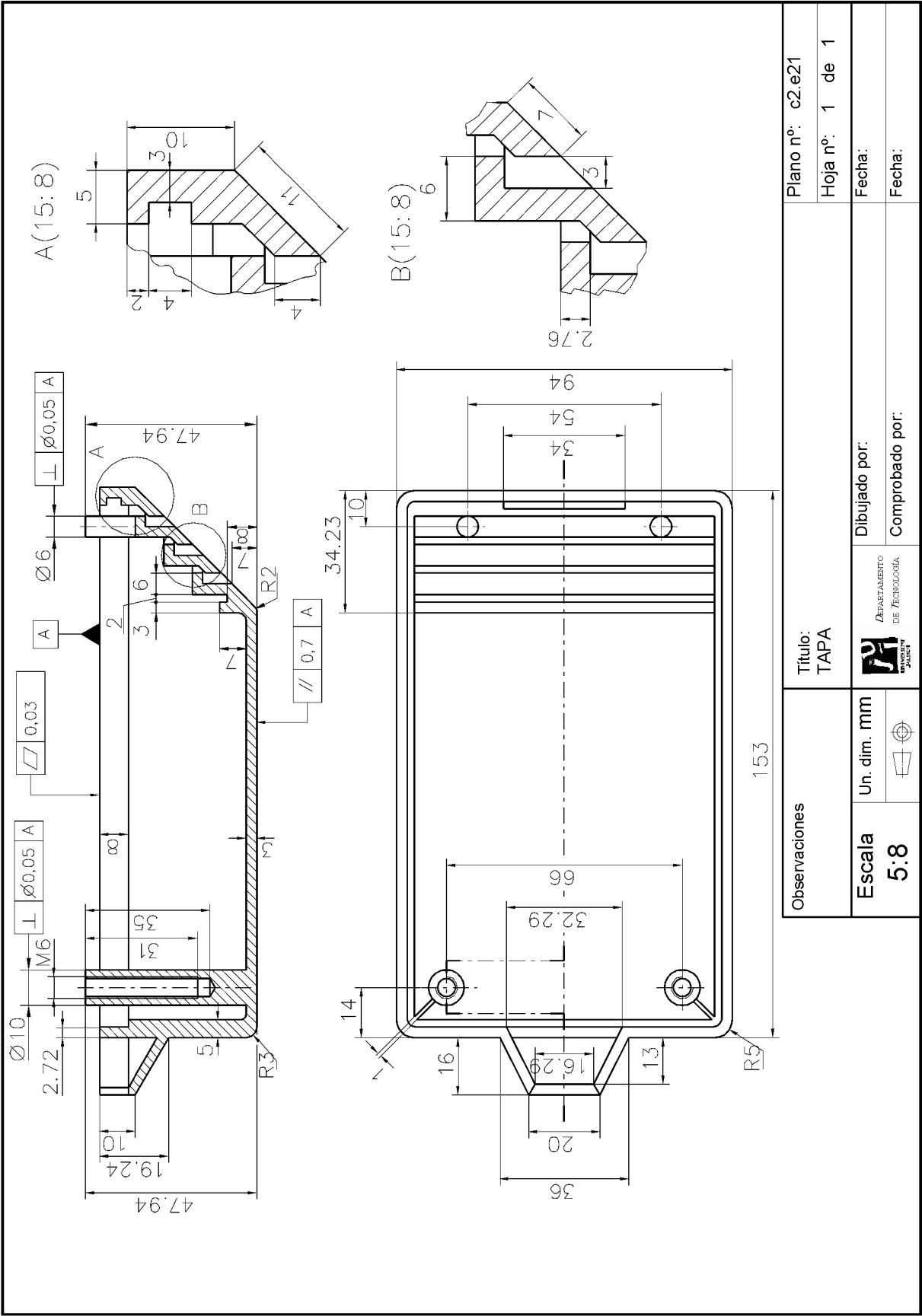
Durante el diseño se ha determinado que en el proceso de fabricación se deben exigir las siguientes tolerancias geométricas:

- La cara superior del borde de la tapa debe ser plana, con un error de planicidad máximo de 0.03 mm.
- La cara inferior exterior de la tapa debe ser paralela a la cara superior del borde de la tapa, con un error de paralelismo máximo de 0,7 mm.
- Los ejes de los cuatro pivotes (los dos de la izquierda en los que se introducen los tornillos que sirven para roscar la tapa, y los dos de la derecha que sirven para fijar la tapa en su posición) deben ser perpendiculares a la cara superior del borde de la tapa, con un error máximo de perpendicularidad de 0,05 mm en cualquier dirección.

Apartado A

Realice el plano de fabricación de la tapa, en el que se indiquen las tolerancias geométricas indicadas arriba.





Observaciones		Título: TAPA		Plano nº: c2.e21
Esca	Un. dim. mm	Dibujado por:		Hoja nº: 1 de 1
5:8		Comprobado por:		Fecha:
		DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA		Fecha:

Ejercicio 2.22 Basculante

En la figura 2.22.1 se muestra una representación axonométrica de un basculante de nylon diseñado para un mecanismo de accionamiento de cintas de video.

Para determinar las escalas de la figura 2.22.1 se debe saber que la distancia entre cada dos de los tres ejes principales es de 70 mm (140 entre el primero y el tercero) y que el cilindro central tiene un diámetro de 24 mm y una altura de 45 mm; además, este cilindro enlaza en la parte inferior con un tramo cónico de 5 mm de altura.

Durante el diseño se ha determinado que en el proceso de fabricación se deben exigir las siguientes tolerancias geométricas:

- El eje del pivote que sobresale por la parte superior derecha debe ser recto, con un error de rectitud máximo de 0,5 mm en el plano YZ y un error máximo de 0,9 mm en el plano XZ.
- El eje que coincide con el eje Z de la figura 2.22.1 debe ser paralelo al tramo de eje central que corresponde al cilindro de diámetro 24 mm, con un error de paralelismo máximo de 0,7 mm en cualquier dirección.
- El eje del pivote que sobresale por la parte superior derecha debe ser paralelo al tramo de eje central que corresponde al cilindro de diámetro 24 mm, con un error de paralelismo máximo de 0,8 mm en cualquier dirección.

Apartado A

Realice el plano de fabricación del basculante, indicando las tolerancias geométricas descritas arriba.

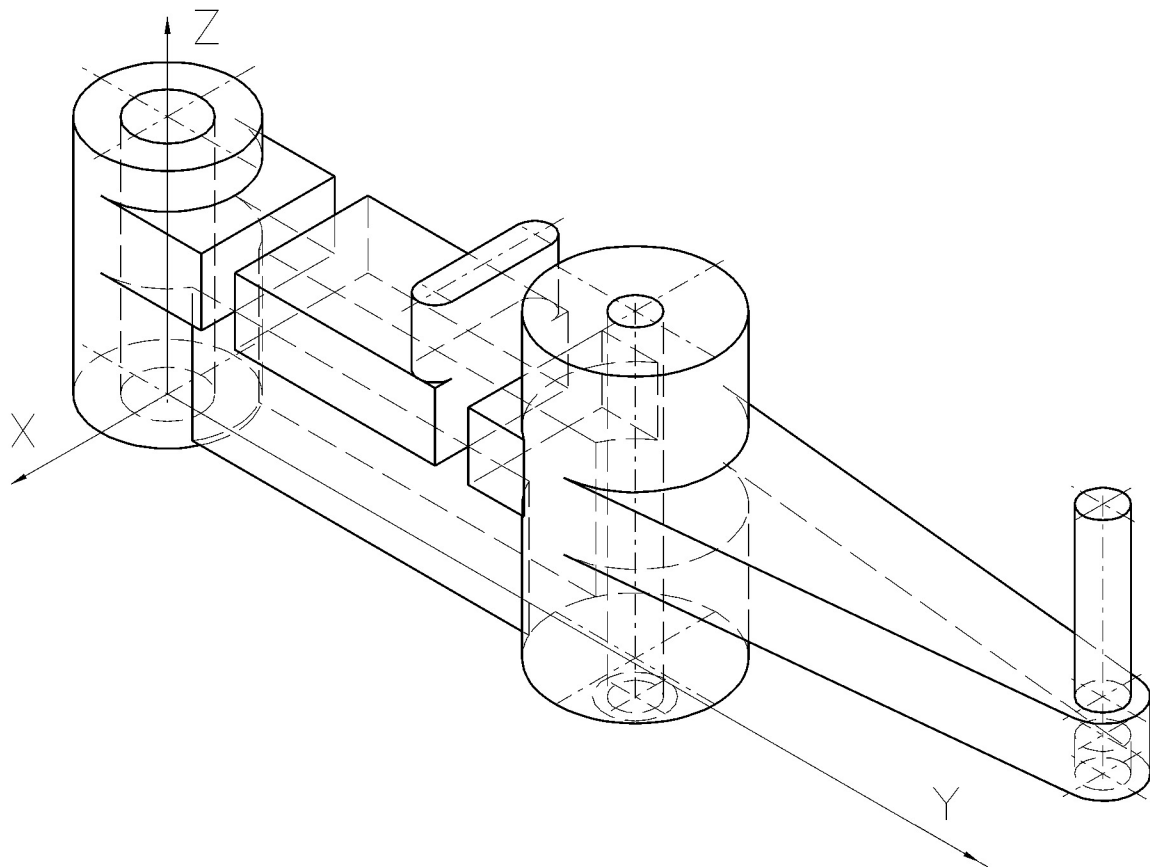
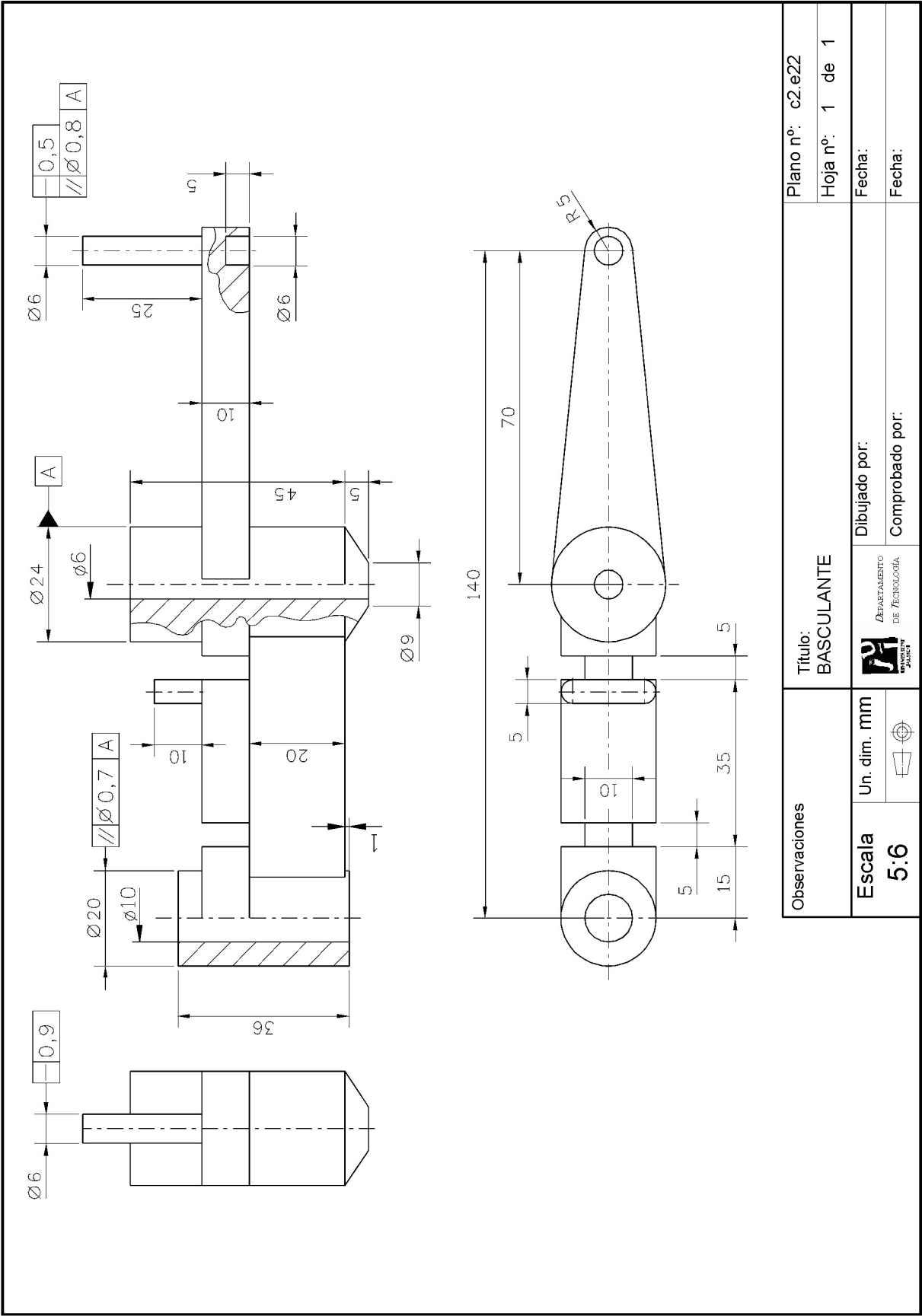


Figura 2.22.1



Ejercicio 2.23 Base de anclaje

En la figura 2.23.1 se muestra una representación axonométrica de una base de anclaje que tiene dos planos de simetría principales.

Para determinar las escalas de la figura 2.23.1 se debe saber que la placa de la base tiene un espesor de 10 mm y unas dimensiones de 180 x 75 mm.

Durante el diseño se ha determinado que en el proceso de fabricación se deben exigir las siguientes tolerancias geométricas:

- El eje del agujero de 28 mm de la izquierda debe ser paralelo al eje del agujero de 28 mm de la derecha, con un error de paralelismo máximo de 0.125 mm en cualquier dirección.
- El perfil de las ranuras que acaban en sendos semicírculos de radio 12 no puede desviarse de su forma teórica en más de 0.550 mm.
- La posición de los ejes de los dos agujeros simétricos de diámetro 22 de la base no pueden desviarse más de 0.525 mm de su posición teórica en cualquier dirección.

Apartado A

Realice el plano de fabricación de la base de anclaje, incluyendo las tolerancias geométricas descritas arriba.

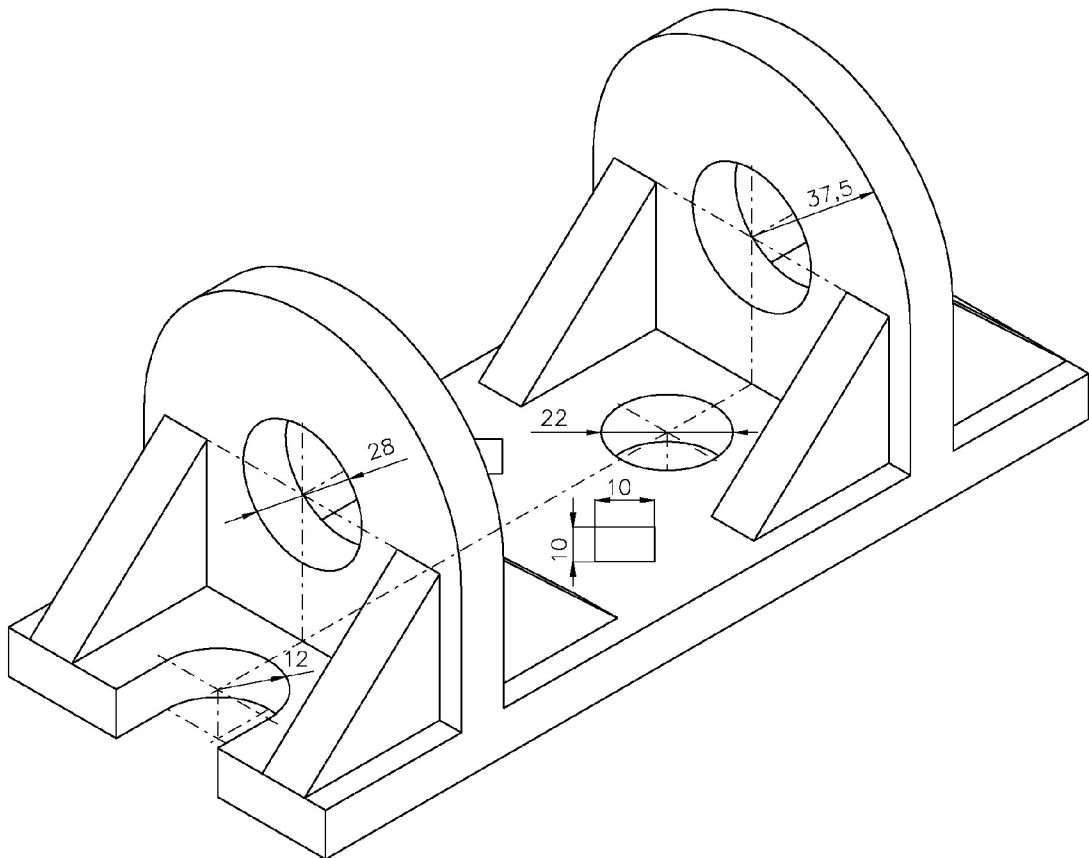
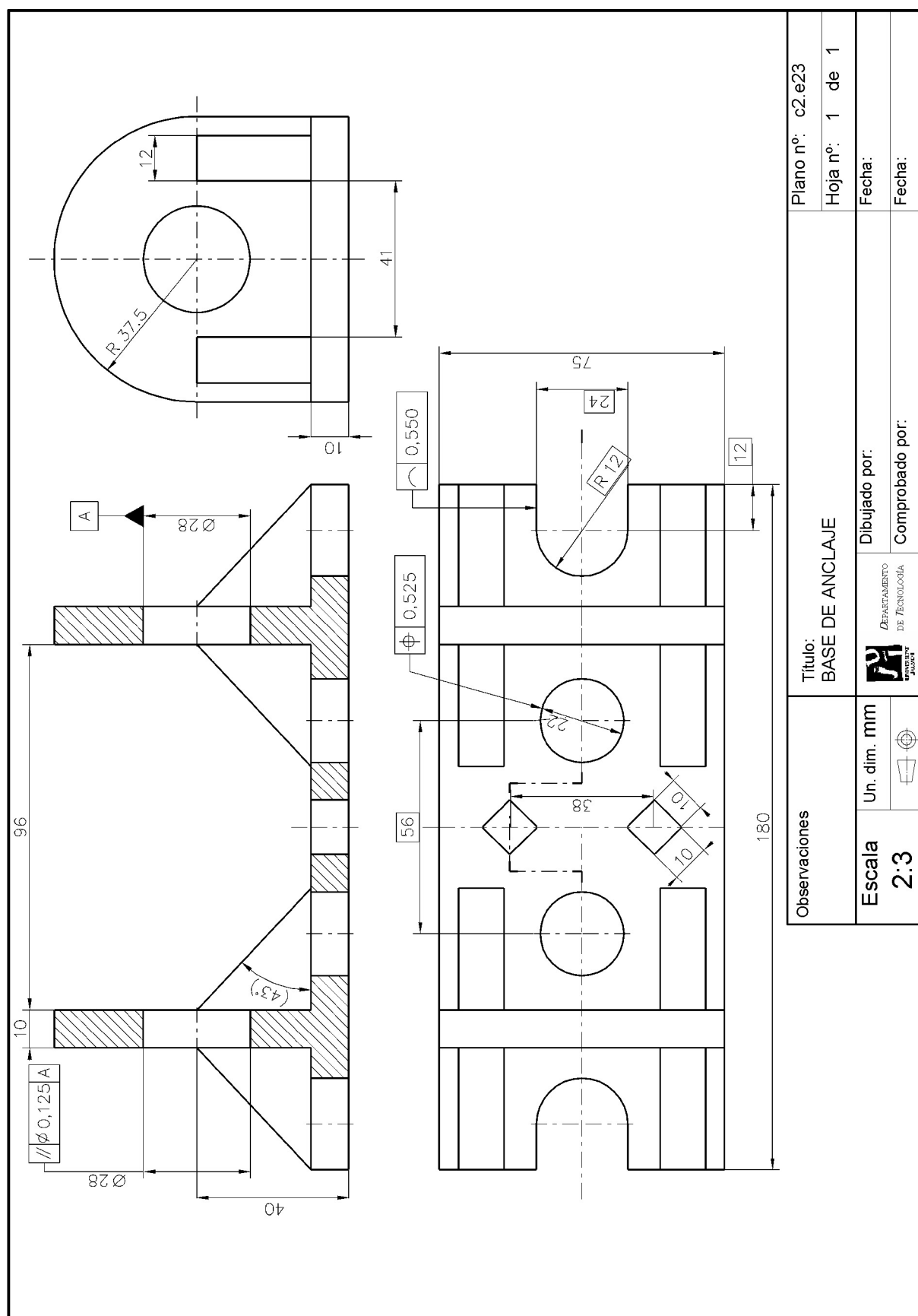


Figura 2.23.1



Ejercicio 2.24 Árbol

En la figura 2.24.1 se muestra un boceto de diseño de detalle de un árbol. Durante el diseño se ha determinado que en su proceso de fabricación se deben exigir las siguientes tolerancias geométricas:

- El eje del cilindro de diámetro 8 y longitud 15 de la parte izquierda debe ser recto, con un error de rectitud máximo de 0,05 mm en cualquier dirección.
- El eje del cilindro de diámetro 12 y longitud 20 de la parte derecha debe ser recto, con un error de rectitud máximo de 0,04 mm en cualquier dirección.
- Las generatrices del cilindro de diámetro 12 y longitud 10 (menos el chaflán) de la parte derecha deben ser rectas, con un error de rectitud máximo de 0,06 mm.
- Los ejes de los cilindros a los que se les aplican las tolerancias de rectitud descritas arriba deben ser paralelos (el de la izquierda debe ser paralelo al de la derecha), con un error máximo de 0,8 mm en cualquier dirección.
- Los dos cilindros a cuyos ejes se les aplican las tolerancias de rectitud descritas arriba deben ser redondos, con un error máximo de 0,025 mm.

Apartado A

Realice el plano de fabricación del eje, indicando las tolerancias geométricas descritas arriba.

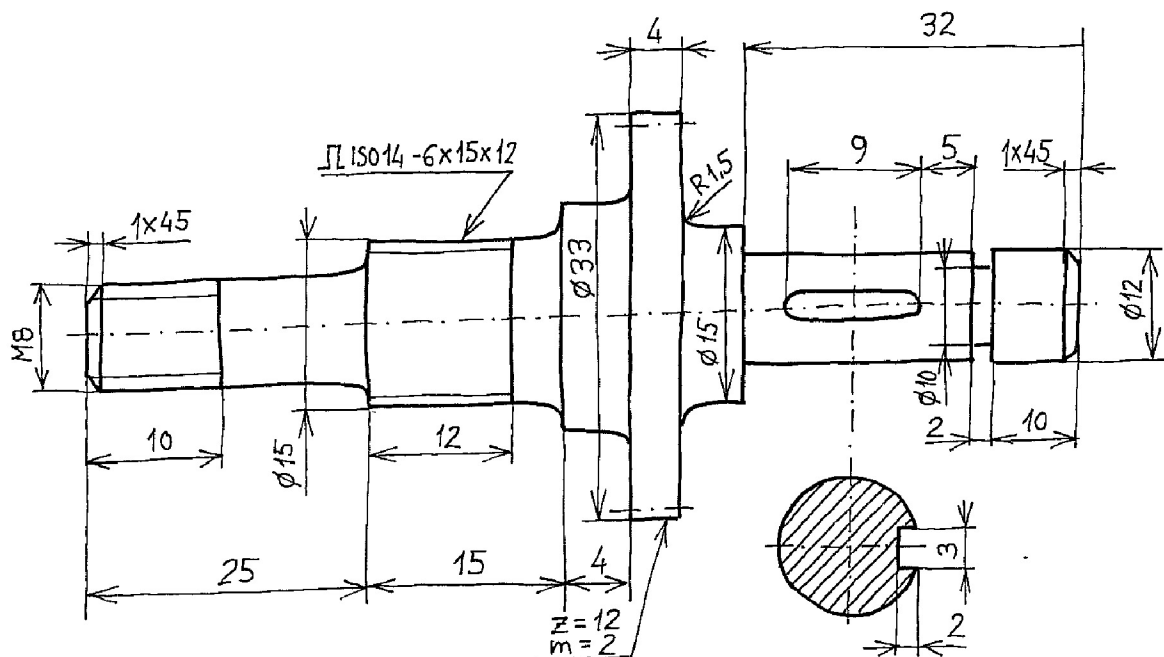


Figura 2.24.1

Ejercicio 2.25 Válvula de seguridad

En la figura 2.25.1 se da una representación de una válvula de seguridad. Las dimensiones se pueden determinar aceptando que la representación está aproximadamente a escala natural (E 1/1), pero teniendo en cuenta que al fijar las dimensiones exactas se debe garantizar la ensamblabilidad del conjunto. Durante el diseño se ha determinado que en el proceso de fabricación se deben exigir las siguientes condiciones:

- El cuerpo y el tapón de ajuste no pueden superar en ningún caso una altura máxima de rugosidad (límite superior de especificación unilateral R_z máx.) de $25\text{ }\mu\text{m}$, y en las caras de asiento de la junta de estanqueidad deben tener una rugosidad superficial con perfil R desviación media aritmética (R_a) unilateral de $15\text{ }\mu\text{m}$.
- Las zonas de contacto de la bola y su asiento no debe tener una rugosidad superficial con perfil R desviación media aritmética (R_a) mayor de $8\text{ }\mu\text{m}$.
- Las zonas de asiento de las bocas de entrada y salida del cuerpo (excepto aquella en la que asienta la junta de estanqueidad) no deben tener una rugosidad superficial con perfil R desviación media aritmética (R_a) mayor de $20\text{ }\mu\text{m}$, y debe estar conseguida con arranque de viruta.
- La bola tiene que ser esférica, con un error de redondez máximo de $0,05\text{ mm}$ en cualquier dirección.
- Las generatrices del embudo troncocónico en el que asienta la bola deben ser rectas, con un error de rectitud máximo de $0,04\text{ mm}$.

Apartado A

Realice los planos de fabricación de las piezas que componen la válvula.

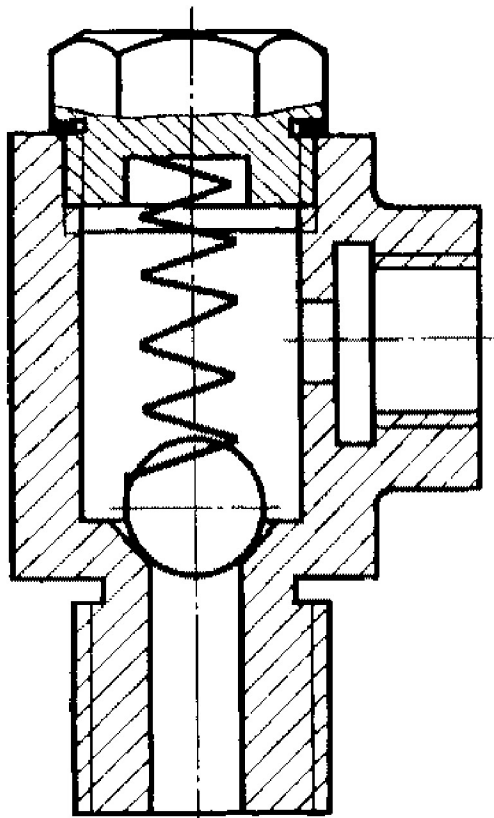
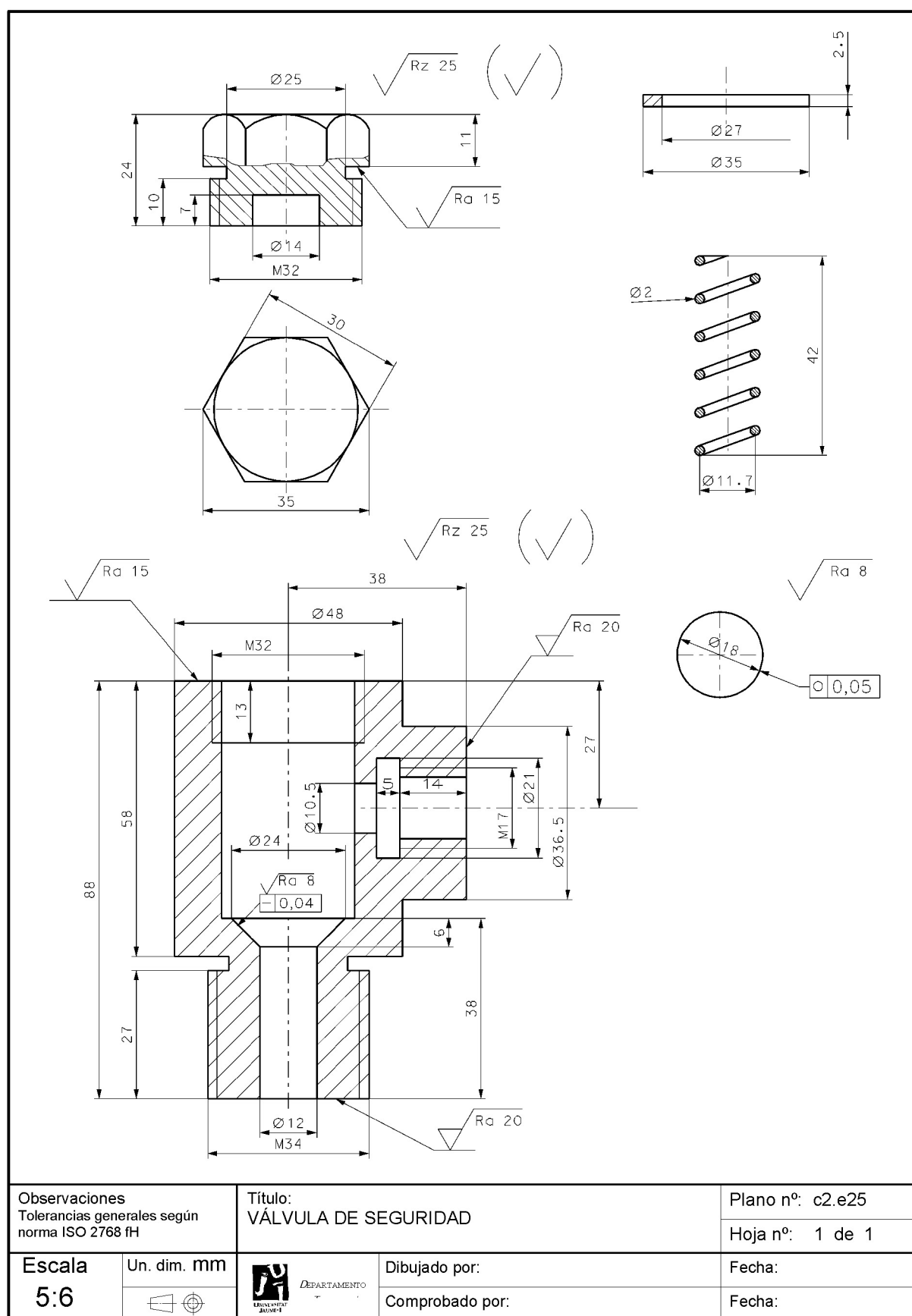


Figura 2.25.1



Ejercicio 2.26 Bancada de comparación

En la figura 2.26.1 se ha representado esquemáticamente una bancada de comparación. La figura está croquizada, donde las únicas dimensiones válidas son las dadas en la acotación.

En la bancada, la base (marca 1) y los dos pivotes (marca 2) son fijos. Por contra, los dos elementos comparadores (marca 3) son intercambiables con otras parejas de elementos comparadores. Por ello, se ha elegido un ajuste prieto para la unión entre pivotes y bancada, mientras que se ha recurrido a un ajuste deslizante entre los pivotes y los comparadores. Además, dada la precisión requerida en el montaje, todos los ajustes son finos.

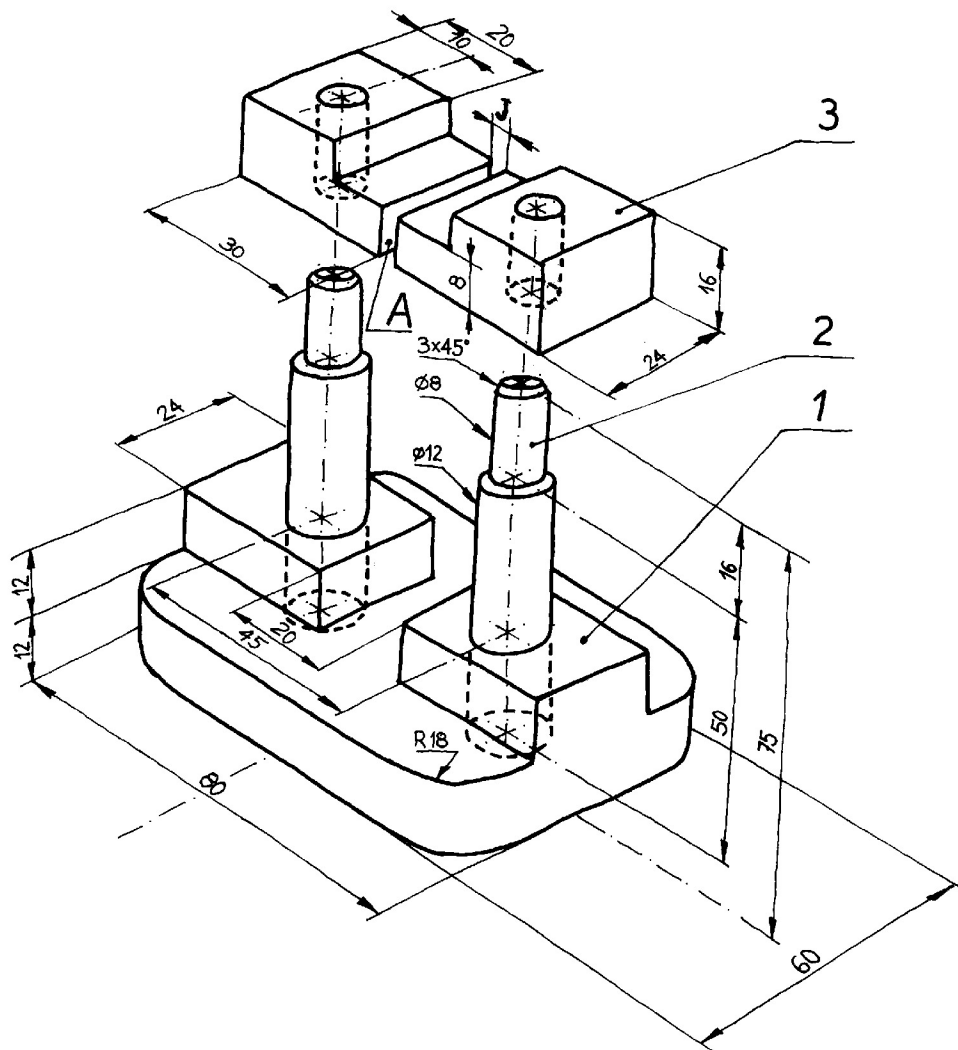


Figura 2.26.1

Apartado A

Defina todas las piezas que componen el conjunto con criterio de economía de vistas y cortes, y acotación completa.

Apartado B

Indique los siguientes acabados superficiales:

- Rugosidad media del perfil de rugosidades de 3 μm para todas las piezas en general.

- Rugosidad media del perfil primario de $0.8 \mu\text{m}$ para las superficies de contacto entre los pivotes y los comparadores, obtenido por un proceso de pulido.

Apartado C

Defina las tolerancias dimensionales necesarias para asegurar:

- Un ajuste fino forzado medio entre la base y los pivotes.
- Un ajuste fino deslizante entre los pivotes y los comparadores.

Utilice en ambos casos el sistema de agujero base con un IT 7.

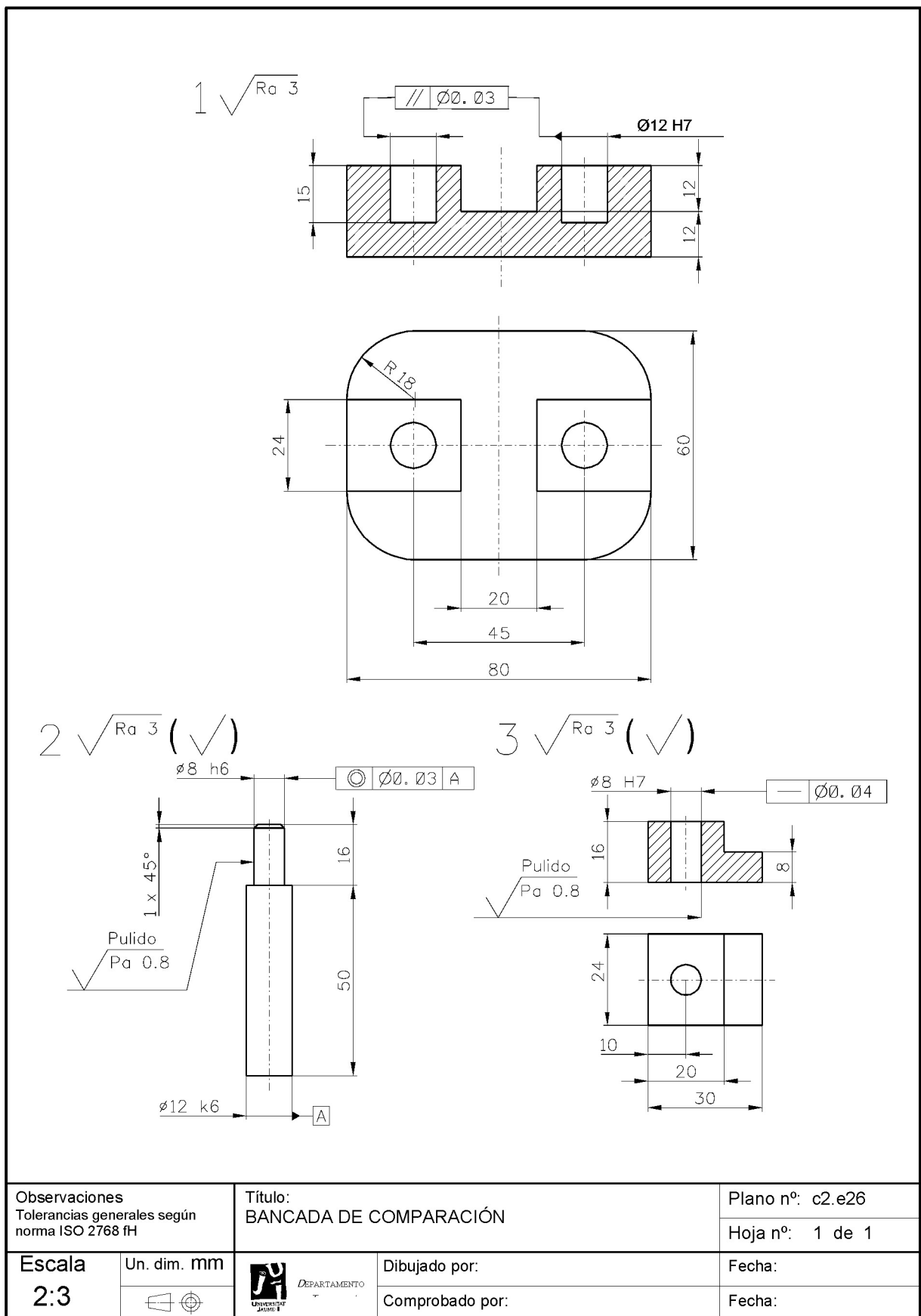
Apartado C

Indique las siguientes tolerancias geométricas:

- Tolerancia de paralelismo entre los ejes de los agujeros de la base con zona de tolerancia en cualquier dirección de 0.03 mm .
- Tolerancia necesaria para asegurar que el eje de revolución del agujero de los comparadores se sitúe dentro de un cilindro de diámetro 0.04 mm .
- Tolerancia necesaria para asegurar que el eje de la zona cilíndrica de $\varnothing 8 \text{ mm}$ de los pivotes se encuentre dentro de un cilindro de diámetro 0.03 mm cuyo eje coincida con el eje de la zona cilíndrica de $\varnothing 12 \text{ mm}$.

Apartado D

Indique una tolerancia general fina según la norma ISO 2768 tanto para las tolerancias dimensionales como para las geométricas.



Ejercicio 2.27 Utensilio de posicionamiento

En la figura 2.27.1 se ha representado esquemáticamente un utensilio de posicionamiento. La figura está croquizada, donde las únicas dimensiones válidas son las dadas en la acotación.

En la base (marca 1) se atornillan dos guías (marca 2). Cada una de las guías se fija por medio de tres tornillos embebidos (marca 3) de tipo Allen de cabeza cilíndrica con vaciado hexagonal. El diámetro de la cabeza de los tornillos no debe ser superior a 15 mm, y la longitud total debe asegurar una longitud roscada mínima de 7 mm.

En los orificios A y B se colocan pasadores cilíndricos (no dibujados, y de marcas 4 y 5) que fijan el utensilio a una mesa que dispone de los correspondientes agujeros. Los pasadores deben quedar enrasados por arriba con la superficie de la base, y deben encajar por la parte inferior en los agujeros de la mesa de 15 mm de profundidad.

Se colocan dos topes (marca 6) en los agujeros C. Los agujeros son ciegos y de una profundidad de 44 mm, y los topes sobresalen 110 mm una vez colocados.

Por último, la unión de las alas (marca 7) se realiza mediante soldadura.

Complete la definición de la pieza añadiendo aquellas dimensiones no indicadas. Utilice para ello los valores que considere apropiados.

Apartado A

Defina todas las piezas que componen el conjunto con criterio de economía de vistas y cortes, y acotación completa.

Apartado B

Indique los siguientes acabados superficiales:

- Rugosidad media de la base de 45 μm , conseguida sin arranque de viruta.
- Rugosidad media de la cara superior de las guías de 0.8 μm .
- El resto de las guías tienen rugosidad R_a de 10 μm .
- Rugosidad media de la cara superior de la base que es coplanaria con las caras superiores de las guías de 0.8 μm .
- Rugosidad media de cara superior de la cabeza del tope de 0.9 μm ,
- El resto del tope tiene rugosidad R_a de 15 μm .

Apartado C

Indique un cordón de soldadura continuo angular y acabado cóncavo, de espesor a4, en toda la zona de contacto entre el ala y la base, salvo en la cara inferior, en la cual se deberá realizar un cordón de soldadura a tope en V simple con talón de raíz amplio de espesor s4 y acabado plano.

Apartado D

Defina las tolerancias dimensionales según el sistema de agujero único necesarias para asegurar:

- Un ajuste fino deslizante entre los orificios C y los topes.
- Un ajuste con juego máximo de 0.045 mm y aprieto máximo de 0.025 mm entre los pasadores y los orificios A y B, sabiendo que los pasadores tienen una tolerancia h8.

Apartado E

Indique las siguientes tolerancias geométricas:

- Posición de los orificios A y B con zona de tolerancia de 0.025 mm en cualquier dirección.
- Tolerancia necesaria para asegurar que el eje de revolución de los topes se sitúe dentro de un cilindro de diámetro 0.02 mm.

- Planicidad de 0.125 de la cara superior de la base que es coplanaria con las caras superiores de las guías
- Paralelismo de 0.085 de los ejes de los agujeros C respecto a la cara superior de la base que es coplanaria con las caras superiores de las guías.

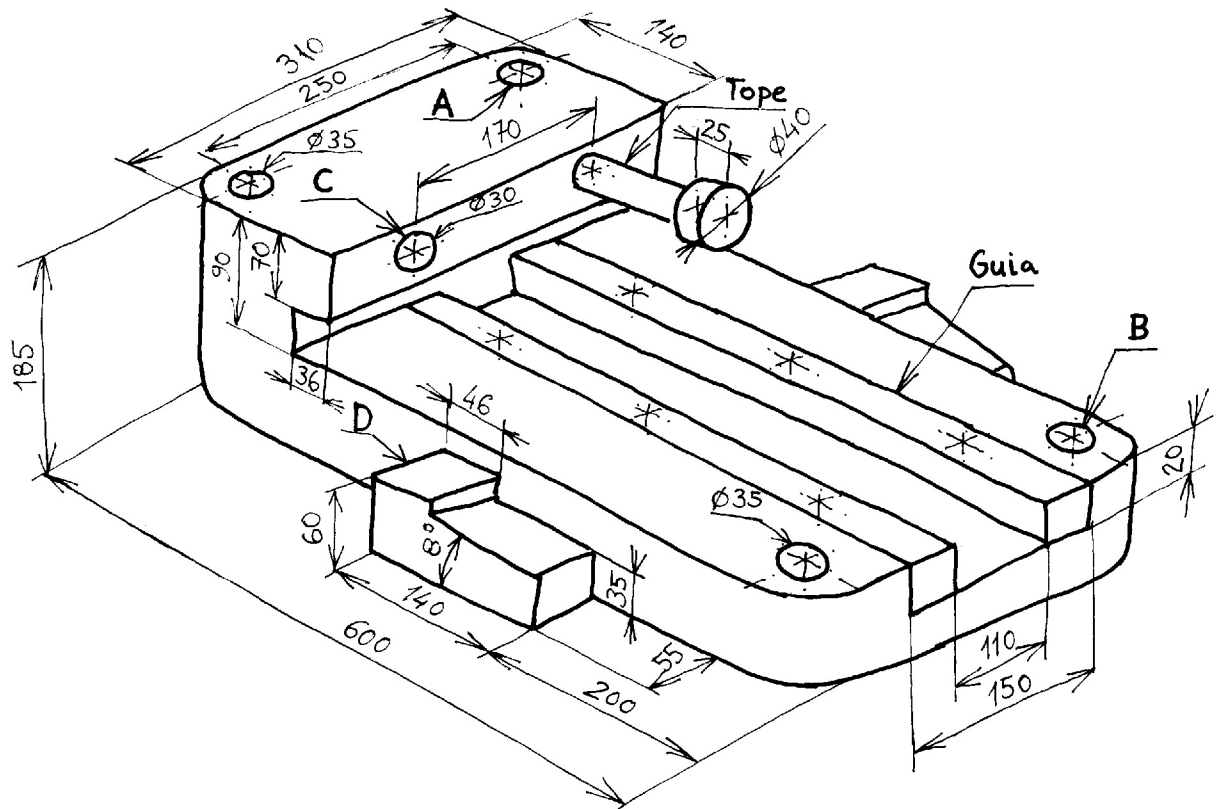
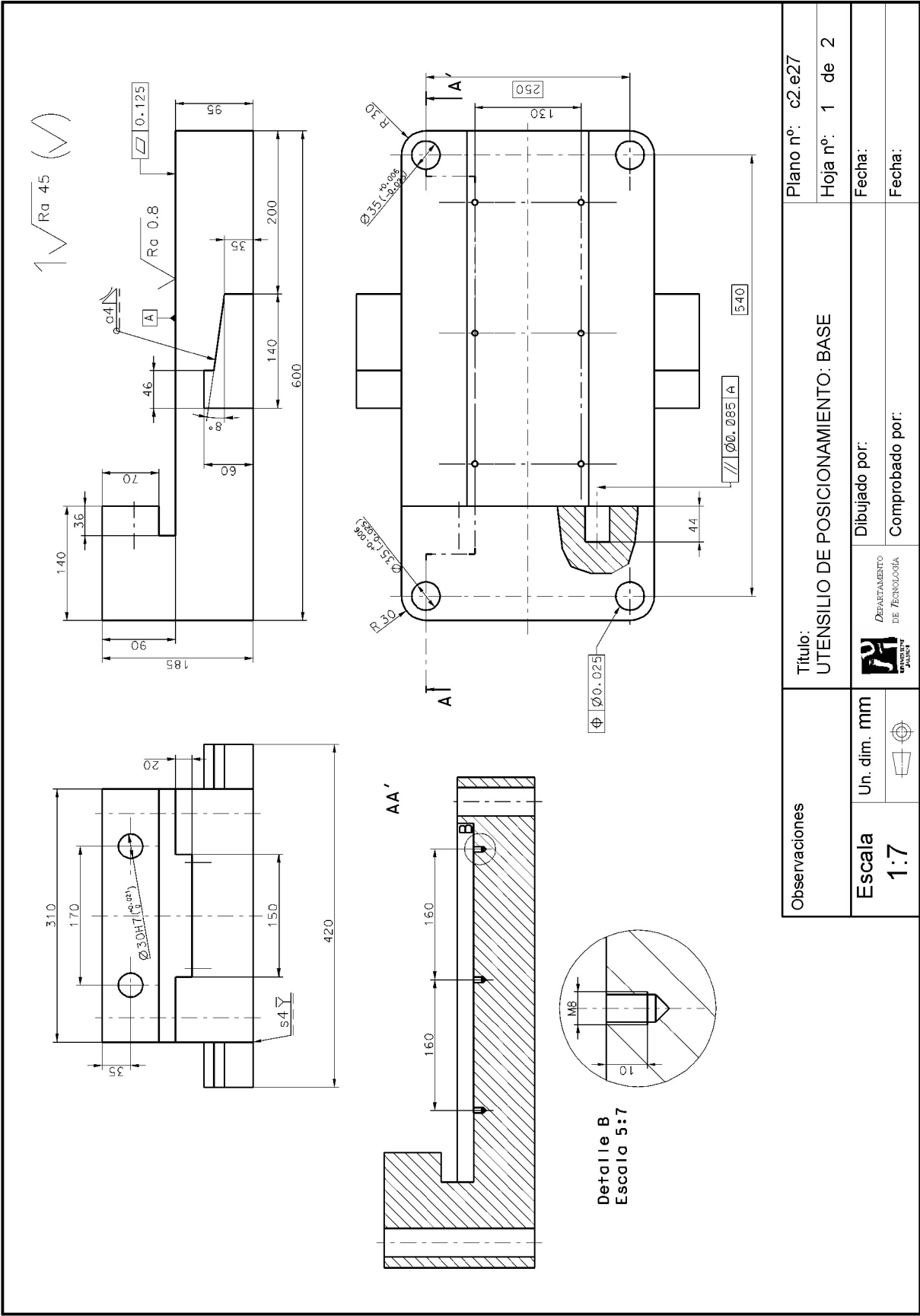
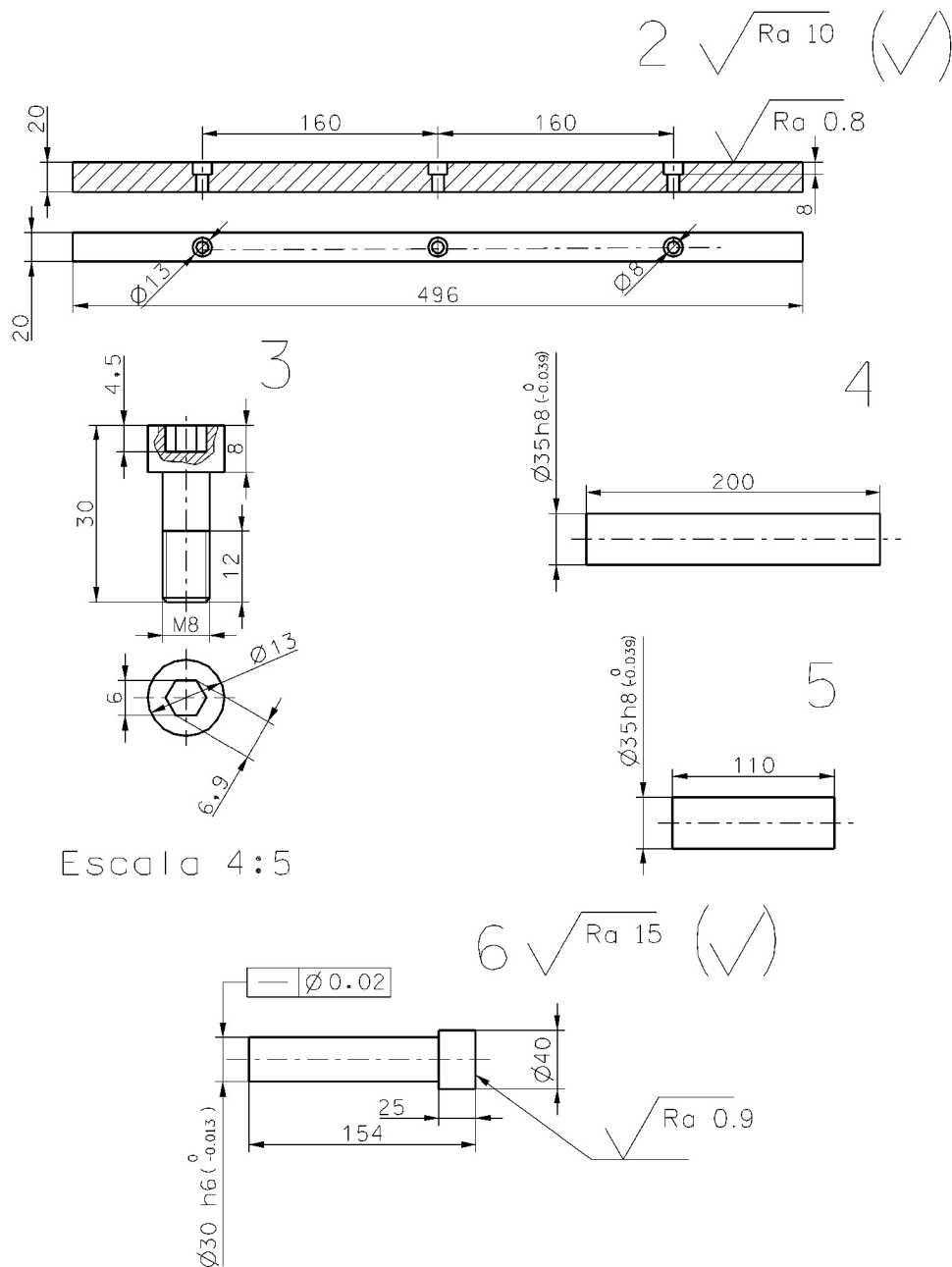


Figura 2.27.1





2	Tope	6	
2	Pasador cilíndrico B	5	
2	Pasador cilíndrico A	4	
6	Tornillo	3	
2	Guía	2	
Nº piezas	Denominación	Marca	Observaciones
Observaciones		Título: UTENSILIO DE POSICIONAMIENTO	Plano nº: c2.e27
			Hoja nº: 2 de 2
Escala 1:5	Un. dim. mm	Dibujado por:	Fecha:
		Comprobado por:	Fecha:

Ejercicio 2.28 Boquilla de inyección

En la figura 2.28.1 se muestra la definición de tres de las piezas de la boquilla desplazable de inyección de plásticos del ejercicio 1.26:

1. Cabezal de boquilla 3. Cuerpo de boquilla 6. Cono de junta (o aguja)

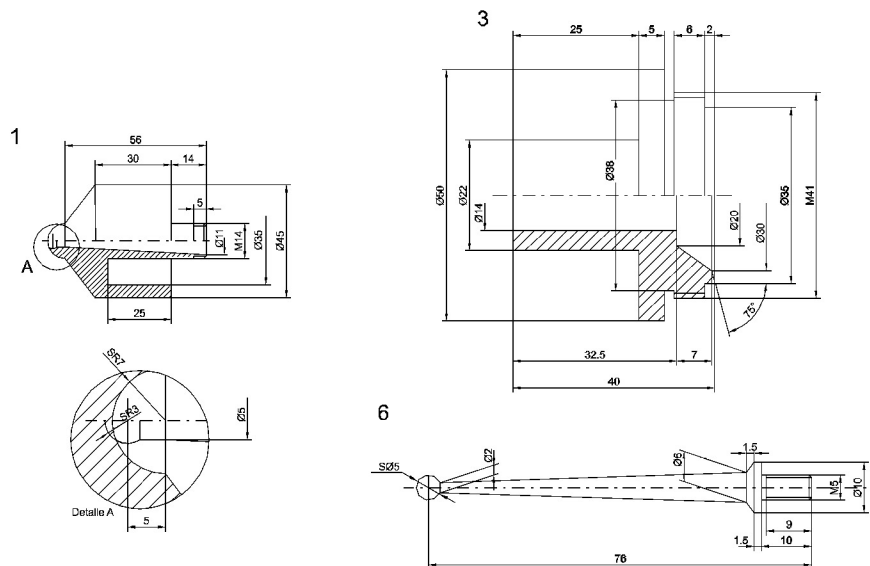


Figura 2.28.1

Sobre una representación de cada una de las piezas como la que aparece en la figura 2.28.1:

Apartado A

Indique los siguientes acabados superficiales:

- Rugosidad media del perfil de rugosidades de $1.6 \mu\text{m}$ para las superficies de contacto entre en cabezal y el cuerpo.
- Rugosidad media del perfil de rugosidades de $0.4 \mu\text{m}$ para la esfera de la aguja.

Apartado B

Indique las siguientes tolerancias dimensionales mediante la indicación de la tolerancia ISO y las correspondientes desviaciones:

- Ajuste de entrada suave entre la esfera de la aguja y la parte cilíndrica del cabezal para asegurar que en la posición de reposo la apertura quede taponada con un apriete máximo de $6 \mu\text{m}$, mediante el sistema de agujero base.

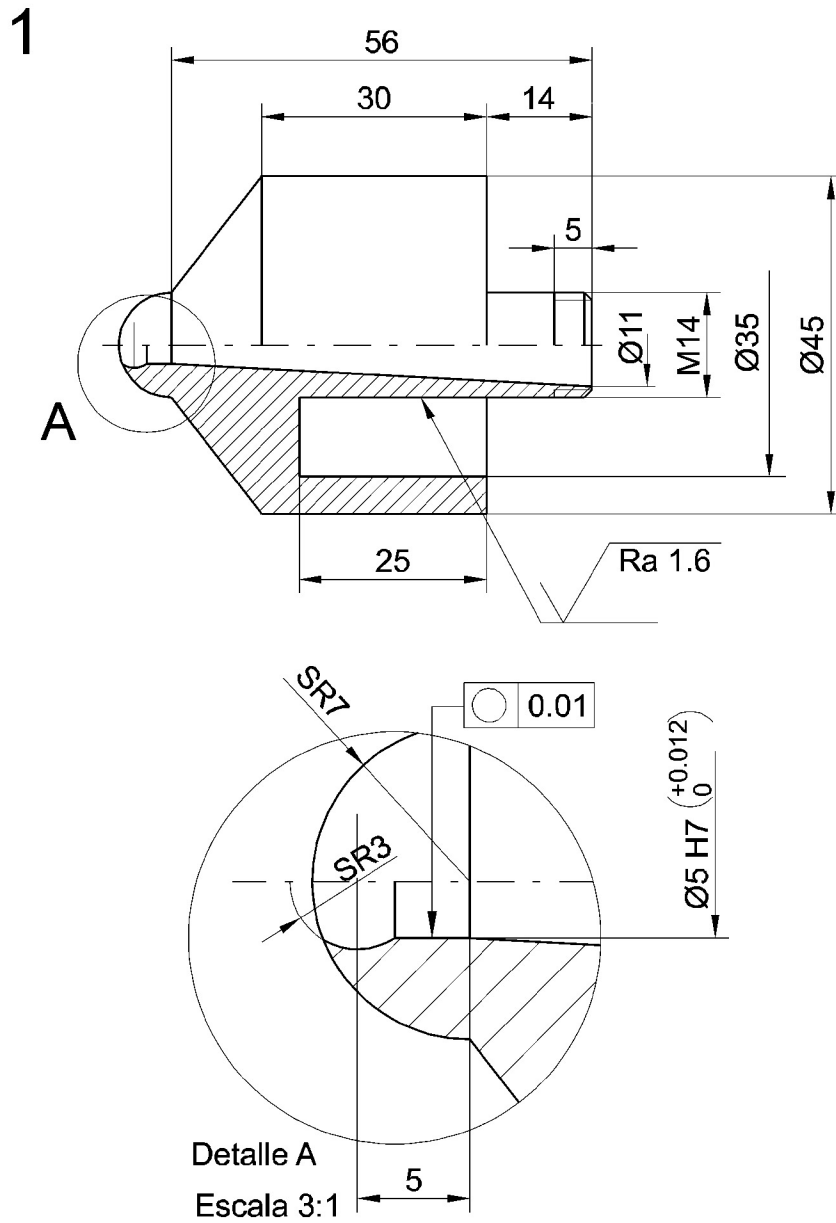
Apartado C

Indique las siguientes tolerancias geométricas:

- Tolerancia de redondez para las secciones de la parte cilíndrica del cabezal de un valor 0.01 mm .
- Tolerancia para asegurar que la circunferencia máxima de la esfera (circunferencia de contacto con la parte cilíndrica del cabezal) esté comprendida entre dos circunferencias concéntricas cuya diferencia de diámetros sea de 0.02 mm .

Apartado D

Indique una tolerancia general media según la norma ISO 2768 tanto para las tolerancias dimensionales como para las geométricas de todas las piezas.



Observaciones
Tolerancias generales según
norma ISO-2768 mK

Título:
BOQUILLA DE INYECCIÓN: CABEZAL

Plano nº: c2.e28

Hoja nº: 1 de 3

Escala
1:1

Un. dim. mm

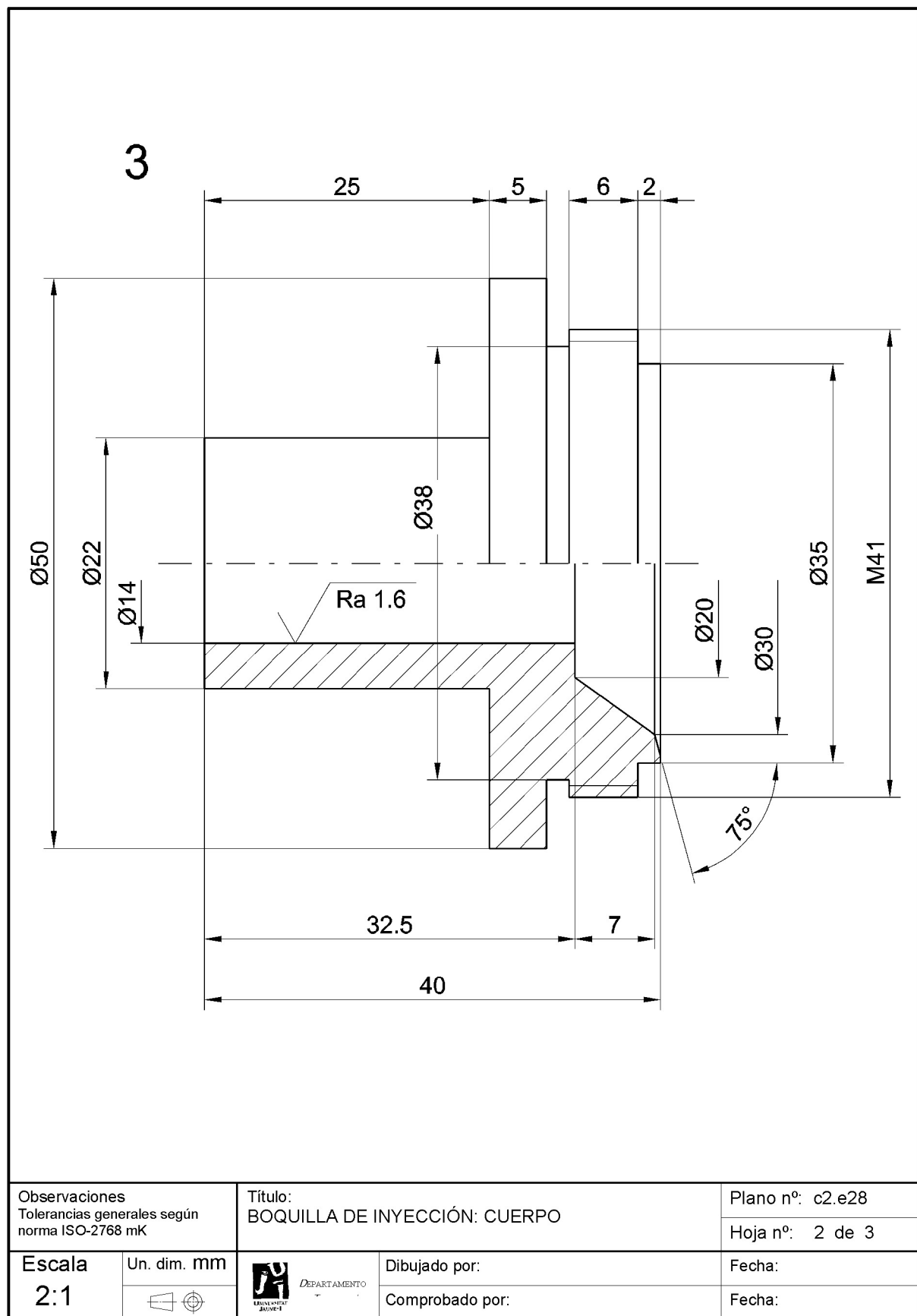


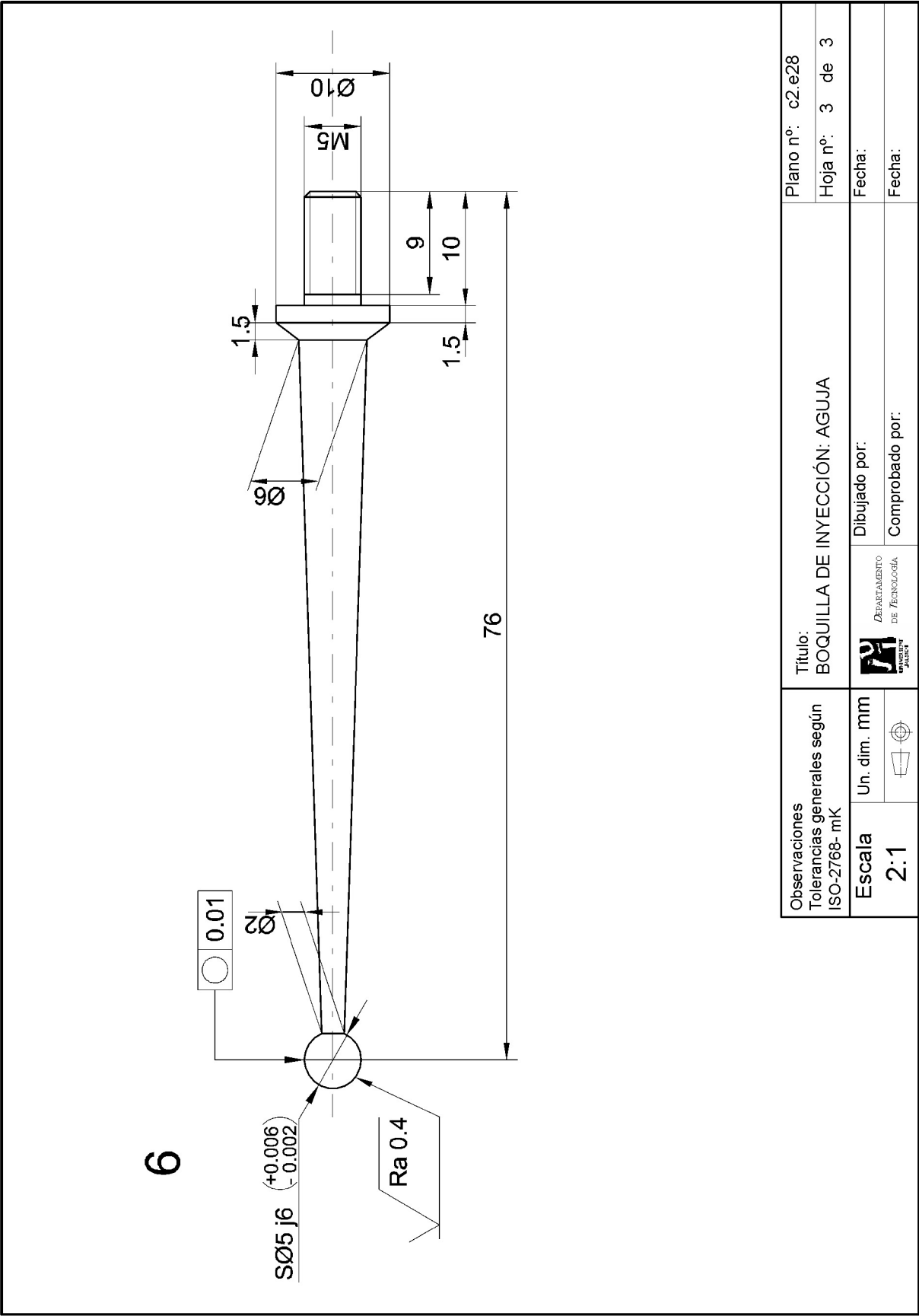
Dibujado por:

Comprobado por:

Fecha:

Fecha:





Ejercicio 2.29 Tornillo de joyero

En la figura 2.29.1 se muestra la definición de dos de las piezas del tornillo de joyero del ejercicio 1.27: mordaza fija (1) y mordaza móvil (2). La mordaza móvil desliza a través de la guía de la mordaza fija, por lo que las zonas de contacto deben ser fabricadas con una cierta calidad.

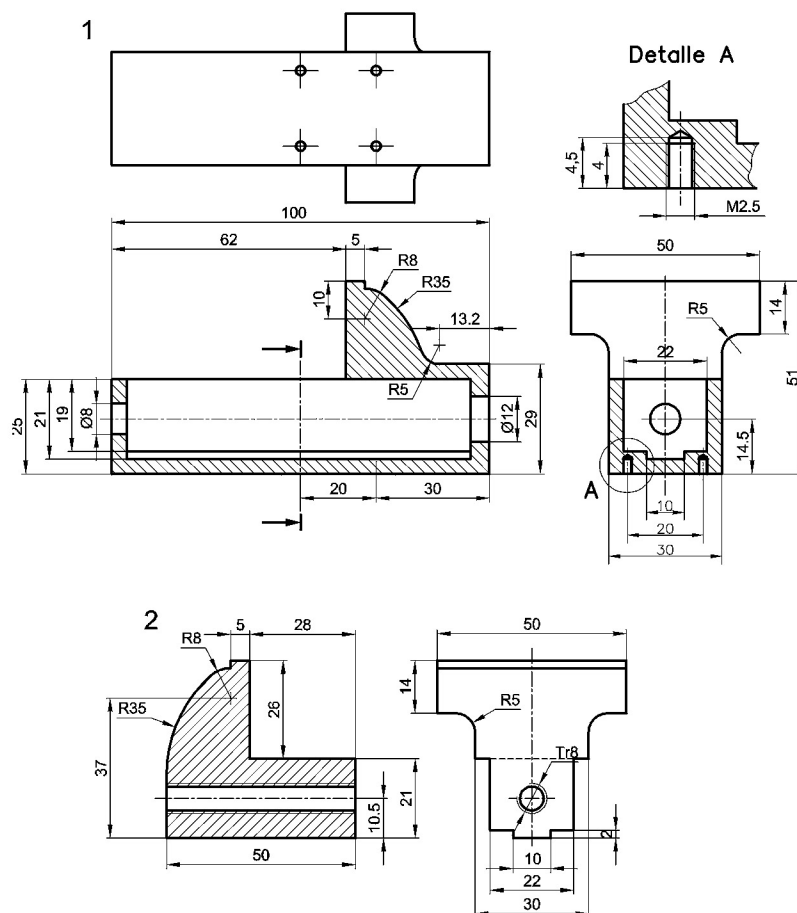


Figura 2.29.1

Apartado A

Sobre una representación de cada una de las piezas como la que aparece en la figura 2.29.1 indique las tolerancias dimensionales necesarias para asegurar que la mordaza móvil tiene un ajuste libre a mano con la mordaza fija. Se debe utilizar el sistema de agujero único.

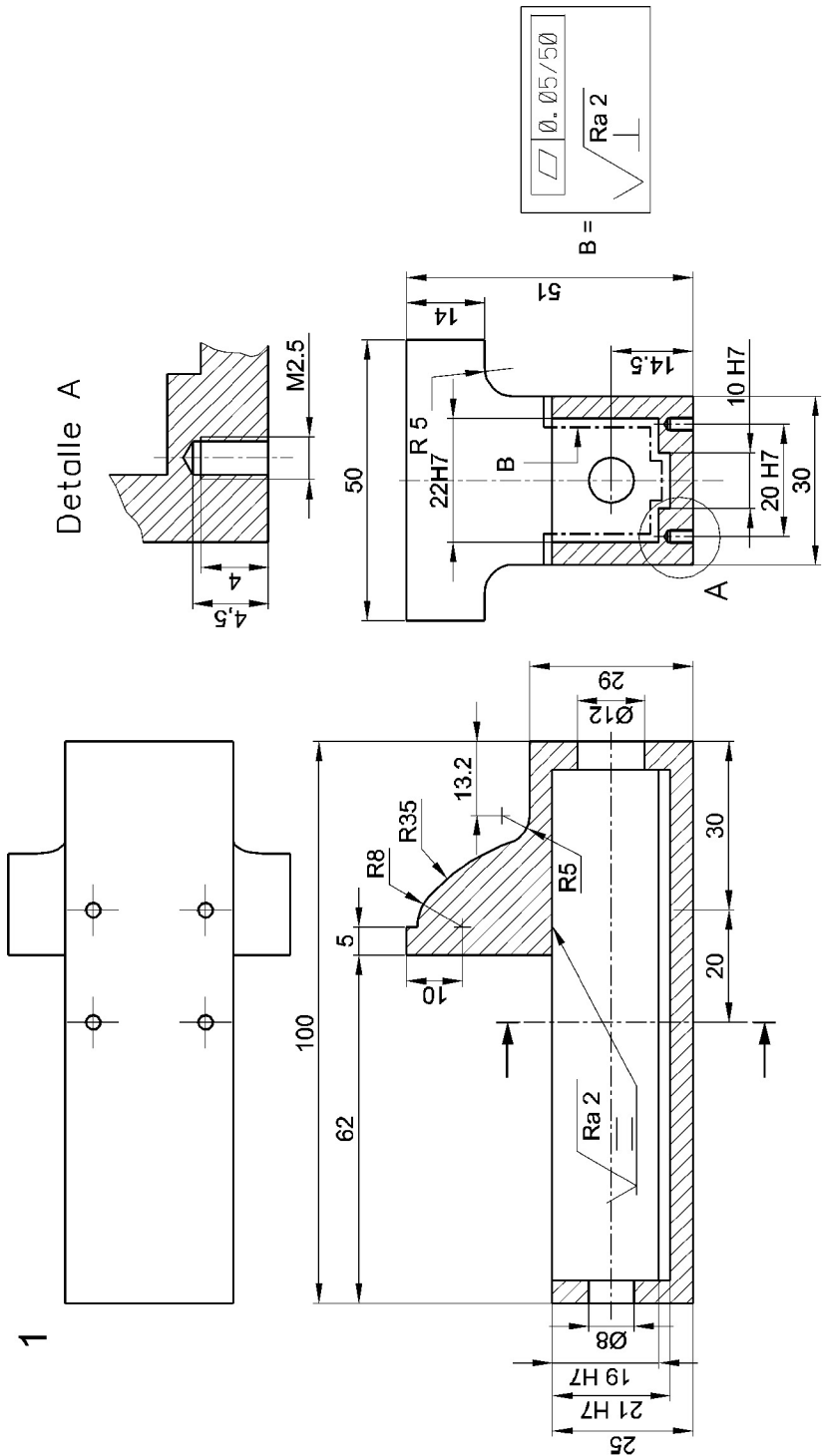
Apartado B

Indique una rugosidad media del perfil de rugosidades de 2 micras para las superficies de contacto en el deslizamiento de las piezas, con dirección predominante de las estrias paralela a la dirección de deslizamiento.

Apartado

Indique las siguientes tolerancias geométricas:

- Tolerancia de planicidad de valor 0.05 mm para las superficies de contacto de la mordaza móvil
- Tolerancia de planicidad de valor 0.05 mm por tramos de 50 mm para la mordaza fija.



Observaciones		Título: TORNILLO DE JOYERO. MORDAZA FIJA		Plano nº: c2.e29	
Escala 3:4	Un. dim. mm	Dibujado por:		Hoja nº: 1 de 2	
		Comprobado por:		Fecha:	
				Fecha:	

LISTADO DE NORMAS REFERENCIADAS

Españolas

UNE 101149:1986	Transmisiones hidráulicas y neumáticas. Símbolos gráficos.
UNE 101149:1987 ERRATUM	Transmisiones hidráulicas y neumáticas. Símbolos gráficos.
UNE 1032: 1982	Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
UNE 1037:1975	Dibujos técnicos. Indicaciones en los dibujos de los estados superficiales.
UNE 1037:1983	Indicaciones de los estados superficiales en los dibujos.
UNE 1039: 1994	Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
UNE 1062:1952	Signos convencionales para tuberías.
UNE 1096-1:1983	Funciones e instrumentación para la medida y la regulación de los procesos industriales. Representación simbólica. Parte 1: principios básicos.
UNE 1096-2:1991	Funciones e instrumentación para la medida y regulación de los procesos industriales. Representación simbólica. Parte 2: extensión de los principios básicos.
UNE 1096-3:1991	Funciones e instrumentación para la medida y la regulación de los procesos industriales. Representación simbólica. Parte 3: símbolos detallados para los diagramas de interconexión de instrumentos.
UNE 1102-1:1991	Dibujos técnicos. Instalaciones. Parte 1: símbolos gráficos para fontanería, calefacción, ventilación y canalizaciones. (Anulada)
UNE 1102-6:1995	Dibujos técnicos. Instalaciones. Parte 6: símbolos gráficos para sistemas enterrados de suministro de agua y saneamiento. (Anulada)
UNE 1120:1996	Dibujos técnicos. Tolerancias de cotas lineales y angulares.
UNE 1121-2/1M:1996	Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Principio de máximo material. Modificación 1: Requisito de mínimo material.
UNE 1121-2:1995	Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Principio de máximo material.
UNE 1128:1995	Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Referencias y sistemas de referencia para tolerancias geométrica.
UNE 1129:1995	Dibujos técnicos para estructuras metálicas. (Anulada)
UNE 1135: 1989	Dibujos técnicos. Lista de elementos.
UNE 1142:1990 IN	Elaboración y principios para la aplicación de los pictogramas destinados a la información del público.
UNE 17003:1953	Remaches. Denominaciones. Representación gráfica.
UNE 17004:1978	Remaches metálicos. Diámetros de espigas. (Diámetros de 1 a 36 mm inclusive)
UNE 17006:1961	Tornillos con rosca cortante. Denominaciones. Representación gráfica.
UNE 17006:1961	Tornillos con rosca cortante. Denominaciones. Representación gráfica.
UNE 17007:1955	Remaches de aleaciones ligeras (medidas para diámetros hasta 8 mm).

UNE 17012:1957	Remaches especiales. Denominaciones. Representación gráfica.
UNE 17014:1957	Remaches de acero. Medidas y tolerancias, para diámetros superiores a 5 mm.
UNE 17023:1968	Tirafondos de cabeza abombada y avellanada con ranura recta.
UNE 17024:1968	Tirafondos de cabeza redonda con ranura recta.
UNE 17025:1968	Tirafondos de cabeza plana avellanada con ranura recta.
UNE 17027:1967	Tirafondos de cabeza redonda con muesca cruciforme .
UNE 17028:1969	Tirafondos de cabeza plana avellanada con ranura cruciforme.
UNE 17029:1978	Entrecaras y entrearistas. Medidas y tolerancias.
UNE 17701:2002	Rosca métrica ISO para usos generales. Perfil básico.
UNE 17703:2004	Rosca métrica ISO para usos generales. Selección de diámetros y pasos para tornillería.
UNE 21405-1:1995	Símbolos literales a utilizar en electrotecnia. Parte 1: generalidades.
UNE 21405-2:1996	Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 2: telecomunicaciones y electrónica.
UNE 21405-3:1994	Símbolos literales a utilizar en electrotecnia. Parte 3: magnitudes y unidades logarítmicas.
UNE 21405-4:1995	Símbolos literales a utilizar en electrotécnica. Parte 4: símbolos de magnitudes relativas a maquinas eléctricas rotativas.
UNE 23032:1983	Seguridad contra incendios. Símbolos gráficos para su utilización en los planos de construcción y planes de emergencia.
UNE 4040:1981	Tolerancias para piezas lisas, hasta 500 mm. Sistema ISO.
UNE 41501:2002	Símbolo de accesibilidad para la movilidad. Reglas y grados de uso.
UNE 41605:1997 IN	Recomendaciones para la representación de las tolerancias de construcción en los planos.
UNE 82001:1991	Terminología de los ajustes y tolerancias.
UNE-EN 20286-1:1996	Sistema ISO de tolerancias y ajustes. Parte 1: base de tolerancias, desviaciones y ajustes. (ISO 286-1:1988)
UNE-EN 20286-2:1996	Sistema ISO de tolerancias y ajustes. Parte 2: tablas de los grados de tolerancia normalizados y de las desviaciones límite de los agujeros y de los ejes. (ISO 286-2:1988)
UNE-EN 22553:1995	Uniones soldadas por fusión, soldeo fuerte y soldeo blando. Representación simbólica en los planos. (ISO 2553:1992)
UNE-EN 22768-1:1994	Tolerancias generales. Parte 1: tolerancias para cotas dimensionales lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia.
UNE-EN 22768-2:1994	Tolerancias generales. Parte 2: tolerancias para cotas geométricas sin indicación individual de tolerancia. (ISO 2768-2:1989). (Versión oficial EN 22768-2:1993)
UNE-EN 60417:2002	Símbolos gráficos a utilizar sobre los equipos.
UNE-EN 60417-1:2002	Símbolos gráficos a utilizar sobre los equipos. Parte 1: resumen y aplicaciones.
UNE-EN 60417-2:2002	Símbolos gráficos a utilizar sobre los equipos. Parte 2: símbolos originales.
UNE-EN 61082-1:2002	Preparación de documentos utilizados en electrotecnia. Parte 1: requisitos generales.
UNE-EN 61082-2:2002	Preparación de documentos utilizados en electrotecnia. Parte 2: esquemas adaptados a la función.

UNE-EN 61082-3:1999	Preparación de documentos utilizados en electrotécnia. Parte 3: esquemas, tablas y listas de conexiones.
UNE-EN 80416-1:2003	Principios básicos para los símbolos gráficos utilizables en los equipos. Parte 1: creación de símbolos gráficos.
UNE-EN 81714-2:2000	Diseño de símbolos gráficos utilizables en la documentación técnica de productos. Parte 2: especificación para símbolos gráficos en una forma adaptada al ordenador, incluidos los símbolos gráficos para una biblioteca de referencia, y requisitos relativo a su intercambio.
UNE-EN 81714-3:2002	Diseño de símbolos gráficos utilizables en la documentación técnica de productos. Parte 3: clasificación de los nudos de conexión, de las redes y su codificación.
UNE-EN 923:2006	Adhesivos. Términos y definiciones.
UNE-EN ISO 10209-2:1996	Documentación técnica de producto. Vocabulario. Parte 2: términos relacionados con los métodos de proyección. (ISO 10209-2:1993)
UNE-EN ISO 1043-1:2002	Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 1: polímeros de base y sus características especiales. (ISO 1043-1:2001)
UNE-EN ISO 1043-2:2002	Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 2: cargas y materiales de refuerzo. (ISO 1043-2:2000)
UNE-EN ISO 1043-3:2000	Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 3: plastificantes. (ISO 1043-3:1996)
UNE-EN ISO 1043-4:2000	Plásticos. Símbolos y abreviaturas. Parte 4: retardadores de llama. (ISO 1043-4:1998)
UNE-EN ISO 1101:2006	Especificaciones geométricas de producto (GPS). Acotado geométrico. Tolerancias de forma, orientación, localización y alabeo. (ISO 1101:2004)
UNE-EN ISO 11091:2000	Dibujos de construcción. Práctica en el dibujo de paisajes. (ISO 11091:1994)
UNE-EN ISO 11442:2006	Documentación técnica de productos. Gestión de documentos. (ISO 11442:2006)
UNE-EN ISO 1302:2002	Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos. (ISO 1302:2002)
UNE-EN ISO 14660-1:2000	Especificación geométrica de productos (GPS). Elementos geométricos. Parte 1: términos generales y definiciones. (ISO 14660-1:1999)
UNE-EN ISO 15785:2002	Dibujos técnicos. Representación y expresión simbólica de juntas encoladas, plegadas y prensadas. (ISO 15785:2002)
UNE-EN ISO 2162-1:1997	Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 1: representación simplificada. (ISO 2162-1:1993)
UNE-EN ISO 2162-2:1997	Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 2: presentación de los datos técnicos de los resortes cilíndricos de compresión. (ISO 2162-2:1993)
UNE-EN ISO 2162-3:1997	Documentación técnica de productos. Resortes. Parte 3: vocabulario. (ISO 2162-3:1993)
UNE-EN ISO 3766:2004	Dibujos de construcción. Representación simplificada de las armaduras de hormigón. (ISO 3766:2003)
UNE-EN ISO 3952-1:1996	Diagramas cinemáticos. Símbolos gráficos. Parte 1. (ISO 3952-1:1981)
UNE-EN ISO 3952-2:1996	Diagramas cinemáticos. Símbolos gráficos. Parte 2. (ISO 3952-2:1981)
UNE-EN ISO 3952-3:1996	Diagramas cinemáticos. Símbolos gráficos. Parte 3. (ISO 3952-3:1979)
UNE-EN ISO 3952-4:1998	Esquemas cinemáticos. Símbolos gráficos. Parte 4. (ISO 3952-4:1984)

UNE-EN ISO 4287:1999	Especificación geométrica de productos (GPS). Calidad superficial: Método del perfil. Términos, definiciones y parámetros del estado superficial. (ISO 4287:1997+Technical Corrigendum 1)
UNE-EN ISO 4288:1998	Especificación geométrica de producto (GPS). Calidad superficial: método del perfil. Reglas y procedimientos para la evaluación del estado superficial. (ISO 4288:1996)
UNE-EN ISO 5261:2000	Dibujos técnicos. Representación simplificada de barras y perfiles. (ISO 5261:1995)
UNE-EN ISO 5458:1999	Especificación geométrica de productos (GPS). Tolerancias geométricas. Tolerancias de posición. (ISO 5458:1998)
UNE-EN ISO 5845-1:2000	Dibujos técnicos. Representación simplificada del montaje de piezas mediante elementos de fijación. Parte 1: principios generales. (ISO 5845-1:1995)
UNE-EN ISO 6284:2000	Dibujos de construcción. Indicación de las desviaciones límites. (ISO 6284:1996)
UNE-EN ISO 6410-1:1996	Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 1: convenios generales. (ISO 6410-1:1993)
UNE-EN ISO 6410-2: 1996	Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 2: insertos roscados. (ISO 6410-2:1993)
UNE-EN ISO 6410-3: 1996	Dibujos técnicos. Roscas y piezas roscadas. Parte 3: representación simplificada. (ISO 6410-3:1993)
UNE-EN ISO 6412-1:1995	Dibujos técnicos. Representación simplificada de tuberías. Parte 1: reglas generales y representación ortogonal. (ISO 6412-1:1989)
UNE-EN ISO 6412-2:1995	Dibujos técnicos. Representación simplificada de tuberías. Parte 2: proyección isométrica. (ISO 6412-2:1989)
UNE-EN ISO 6413:1995	Dibujos técnicos. Representación de acanalados y entallados. (ISO 6413:1988)
UNE-EN ISO 6414:1995	Dibujos técnicos para utensilios de vidrio. (ISO 6414:1982)
UNE-EN ISO 6433:1996	Dibujos técnicos. Referencia de los elementos. (ISO 6433:1981)
UNE-EN ISO 7518:2000	Dibujos técnicos. Dibujos de construcción. Representación simplificada de demoliciones y reconstrucciones. (ISO 7518:1983)
UNE-EN ISO 81714-1:2001	Diseño de símbolos gráficos utilizables en la documentación técnica de productos. Parte 1: reglas fundamentales. (ISO 81714-1:1999)
UNE-EN ISO 9222-1:1996	Dibujos técnicos. Juntas de estanquidad para aplicación dinámica. Parte 1: representación simplificada general. (ISO 9222-1:1989)
UNE-EN ISO 9222-2:1996	Dibujos técnicos. Juntas de estanquidad para aplicación dinámica. Parte 2: representación simplificada particular. (ISO 9222-2:1989)
UNE-EN-ISO 2203:1998	Dibujos técnicos. Signos convencionales para engranajes. (ISO 2203:1973)
UNE-EN-ISO 8826-1:1995	Dibujos técnicos. Rodamientos. Parte 1: representación simplificada general. (ISO 8826-1:1989)
UNE-EN-ISO 8826-2:1998	Dibujos técnicos. Rodamientos. Parte 2: representación simplificada particularizada. (ISO 8826-2:1994)

Otras

ANSI B4.2	Preferred metric limits and fits.
ANSI Y 14.5111-1982	Dimensioning and Tolerancing.
ANSI Y14.5M-1994	Dimensioning and Tolerancing.
ASA B4a:1925	Tolerances, allowances and gages for metal fits.
ASME Y14.5.1M-1994	Mathematical definition of dimensioning and tolerancing principles.
DIN 202: 1999	Screw threads - General plan.
DIN 2430-1:2001	Piping for pigging systems - Part 1: Pipes and elbows.
DIN 2430-2:2002	Piping for pigging systems - Part 2: Piping connections.
DIN 2430-3:2002	Piping for pigging systems - Part 3: Testing prior to commissioning.
DIN 475: 1984	Widths across flats.
DIN 4760:1982	Form deviations, concepts, classification system.
DIN 7405:1963	Wire staple 24/6 for office-staplers.
DIN EN 960: 2006	Headforms for use in the testing of protective helmets.
ISO 10299:2000	Aerospace -rivets, solid- material and metric series identification.
ISO 1051:1999	Rivet shank diameters.
ISO 1219-1:1991	Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams - Part 1: Graphic symbols.
ISO 1219-2:1995	Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams - Part 2: Circuit diagrams.
ISO 128:1982	Technical drawings. General principles of presentation.
ISO 129-1:2004	Technical drawings - Indication of dimensions and tolerances - Part 1: General principles.
ISO 1302:1992	Technical drawings - Method of indicating surface texture.
ISO 1302:2002	Geometrical product specifications (GPS) - Indication of surface texture in technical product documentation tolerance grades and limit deviations for holes and shafts
ISO 1302:2002	Geometrical Product Specifications (GPS) - Indication of surface texture in technical product documentation.
ISO 1829:1975	Selection of tolerance zones for general purposes.
ISO 2560:2002	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels – Classification.
ISO 2768-1:1989	General tolerances - Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications
ISO 2768-2:1989	General tolerances - Part 2: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications.
ISO 286-1:1988	ISO system of limits and fits - Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits.
ISO 286-1:1988	ISO system of limits and fits - Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits.
ISO 286-2:1988	ISO system of limits and fits - Part 2: Tables of standard.
ISO 286-2:1988	ISO system of limits and fits - Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts.

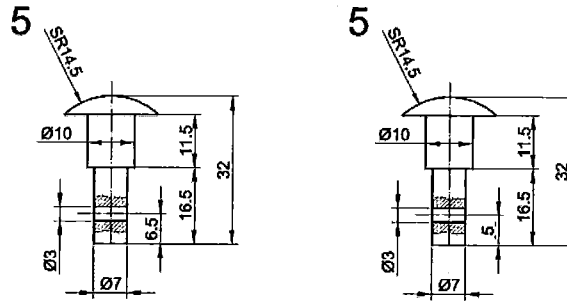
ISO 3971:1977	Rice milling - Symbols and equivalent terms. (Anulada)
ISO 406:1987	Technical drawings - Tolerancing of linear and angular dimensions.
ISO 4063:1998	Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers.
ISO 4157-1:1998	Construction drawings - Designation systems - Part 1: Buildings and parts of buildings.
ISO 4157-2:1998	Construction drawings - Designation systems - Part 2: Room names and numbers.
ISO 4157-3:1998	Construction drawings - Designation systems - Part 3: Room identifiers.
ISO 5456-1:1996	Technical drawings - Projection methods - Part 1: Synopsis.
ISO 5456-2:1996	Technical drawings - Projection methods - Part 2: Orthographic representations.
ISO 5456-3:1996	Technical drawings - Projection methods - Part 3: Axonometric representations.
ISO 5456-4:1996	Technical drawings - Projection methods - Part 4: Central projection.
ISO 5459:1981	Technical drawings - Geometrical tolerancing - Datums and datum-systems for geometrical tolerances.
ISO 5784-1:1988	Fluid power systems and components - Fluid logic circuits - Part 1: Symbols for binary logic and related functions.
ISO 5784-2:1989	Fluid power systems and components - Fluid logic circuits - Part 2: Symbols for supply and exhausts as related to logic symbols.
ISO 5784-3:1989	Fluid power systems and components - Fluid logic circuits - Part 3: Symbols for logic sequencers and related functions.
ISO 5817:2003	Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections.
ISO 5843-2:1990	Aerospace - List of equivalent terms - Part 2: Aerospace rivets.
ISO 5845-2:1995	Technical drawings - Simplified representation of the assembly of parts with fasteners - Part 2: Rivets for aerospace equipment.
ISO 6284:1996	Construction drawings - Indication of limit deviations.
ISO 6947:1990	Welds - Working positions - Definitions of angles of slope and rotation.
ISO 7573: 1983	Technical drawings - Item lists.
ISO 8062:1994	Castings - System of dimensional tolerances and machining allowances.
ISO 9418:1998	Aerospace - Rivets, solid, in aluminium or aluminium alloys - Procurement specification.
ISO/TR 7239:1984	Development and principles for application of public information symbols.

DIBUJO INDUSTRIAL

P.Company, M. Vergara y S. Mondragón
Publicacions de la Universitat Jaume I, 2007.

Fe de erratas

- Página 152. Plano de pieza marca 5: la cota de valor 6.5 debería ser de 5.



- Página 398. La figura 2.86 utiliza la representación según la norma antigua.

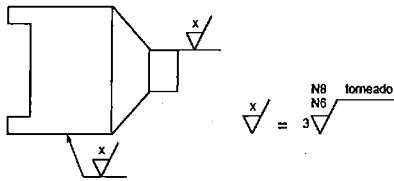


Figura 2.86. Utilización de representación simplificada para evitar repeticiones complejas

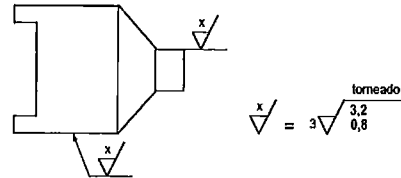


Figura 2.86. Utilización de representación simplificada para evitar repeticiones complejas

- Página 405, figura 2.96. La acotación de '5 f8' debería ser de '55 f8'

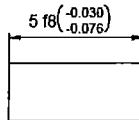


Figura 2.96. Indicación de tolerancia según el sistema ISO, junto con la indicación de las desviaciones

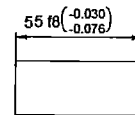


Figura 2.96. Indicación de tolerancia según el sistema ISO, junto con la indicación de las desviaciones

- Páginas 434-435. Sustituir por las páginas adjuntas.
- Página 441. Primer párrafo. Donde dice 'línea auxiliar gruesa de trazo y punto' debe decir 'línea auxiliar fina de trazo y dos puntos'

Sin embargo, en el caso particular de perfiles, la zona de tolerancia se extiende a ambos lados de la forma teórica, y se sitúa equidistante de ella. Es más, la norma ASME Y 14.5 M ha introducido la posibilidad de especificar que la zona de tolerancia sea «unilateral», es decir que sea tangente a la forma teórica. Para ello se utiliza una línea auxiliar gruesa de trazo y punto adyacente a la forma teórica y del lado en el que debe estar la zona de tolerancia. Esta misma simbología se puede extender para considerar zonas bilaterales pero asimétricas. Un ejemplo de las cuatro posibilidades se muestra en la figura 2.131.

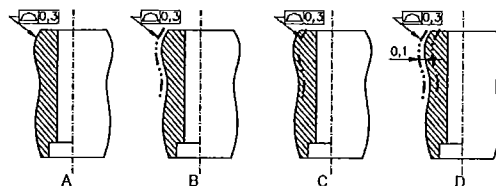


Figura 2.131 Indicaciones de posición de la zona de tolerancia. A) Equidistante de la superficie teórica; B) Exterior a la superficie teórica; C) Interior a la superficie teórica; D) Asimétrica respecto de la superficie teórica

- Página 471, tercer párrafo, segunda línea, donde dice ‘de 3 cordones angulares’ debería decir ‘de 2 cordones angulares’

Ejercicio 2.4 Respaldo angular de contención

En la figura 2.4.1 se ha representado por medio de una perspectiva explotada en croquis un respaldo angular de contención. Se desea construir dicho respaldo soldando los tres elementos que lo constituyen, sabiendo que:

- El elemento frontal (marca 1) está fabricado en chapa de espesor 10 mm. La forma y dimensiones se obtendrán a partir de la figura 2.4.2, representada a escala 1/3.
- La placa base (marca 3) es chapa de espesor 10 mm, y se soldará al elemento frontal por medio de 3 cordones angulares z6 con acabado cóncavo y de longitud 40 mm cada uno y distancia entre ellos 30 mm. Por la parte inferior se realizará un cordón de soldadura s3 a tope en V simple y acabado plano.

- Página 505. En la tabla, la casilla correspondiente a la columna ‘IT’ debería poner ‘8’ en vez de ‘0.008’.

Medida nominal	di	ds	t	IT	Posición ISO
B	>0,006	<0,028	>>>0,022	0,008	
			t-0,022		m
	di-0,006				
		ds-0,028			

Título: EJE CONDUCTOR

Plano nº: c2.e12

Hoja nº: 1 de 2

Dibuja por:

Fecha:

Comprobado por:

Fecha:

Medida nominal	di	ds	t	IT	Posición ISO
B	>0,006	<0,028	>>>0,022	18	
			t-0,022		m
	di-0,006				
		ds-0,028			

Título: EJE CONDUCTOR

Plano nº: c2.e12

Hoja nº: 1 de 2

Dibuja por:

Fecha:

Comprobado por:

Fecha:

- Página 514. Hay dos ajustes de Ø28 h5/K7 entre las piezas 5 y 3, el de más abajo debería ser entre las piezas 5 y 4.

5 Ø28 h5			
3 Ø28 K7			
3 Ø98 h6			
4 Ø98 G7			

2 Rodamiento

5

1 Tapa

4

1 Carcasa

3

1 Núcleo del rotor

2

1 Eje del rotor

1

Nº piezas

Denominación

Marca

Observaciones

Observaciones

Título: MOTOR ELÉCTRICO: CONJUNTO

Plano nº: c2.e15

Hoja nº: 1 de 5

Dibuja por:

Fecha:

Comprobado por:

Fecha:

5 Ø28 h5			
4 Ø28 K7			
3 Ø98 h6			
4 Ø98 G7			

2 Rodamiento

5

1 Tapa

4

1 Carcasa

3

1 Núcleo del rotor

2

1 Eje del rotor

1

Nº piezas

Denominación

Marca

Observaciones

Observaciones

Título: MOTOR ELÉCTRICO: CONJUNTO

Plano nº: c2.e15

Hoja nº: 1 de 5

Dibuja por:

Fecha:

Comprobado por:

Fecha:

A su vez, se distinguen dos casos: si la tolerancia de la sustituida es mayor que la de la fija se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.118. Si la tolerancia de la fija es mayor que la de la sustituida el problema no tiene solución, por lo que se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.119, que consiste en reducir la tolerancia de la cota fija, repartiendo la tolerancia de la cota sustituida entre la fija con tolerancia “reducida” y la nueva. El problema no tiene solución única, por lo que se puede optar por hacer una reducción ‘equidistante’ a las tolerancias originales u otro criterio de diseño.

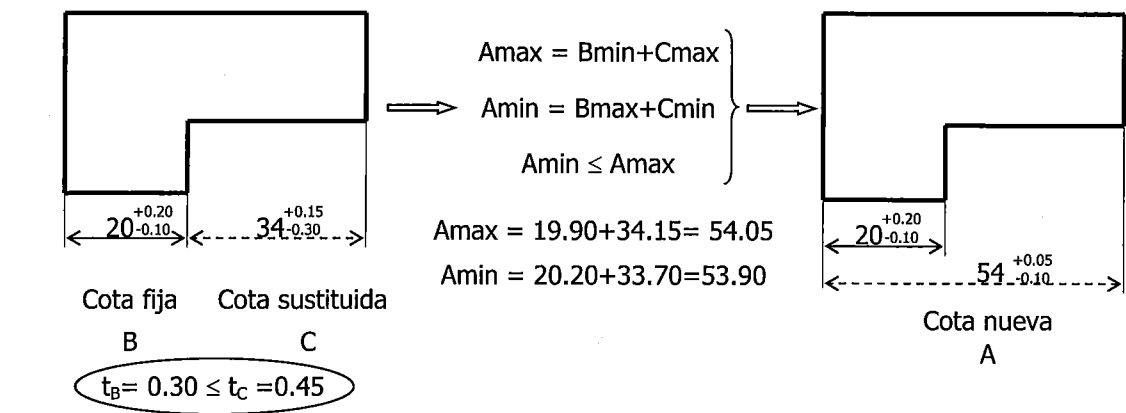


Figura 2.118 Transferencia de cota parcial a cota total cuando la tolerancia de la cota sustituida es mayor que la de la fija.

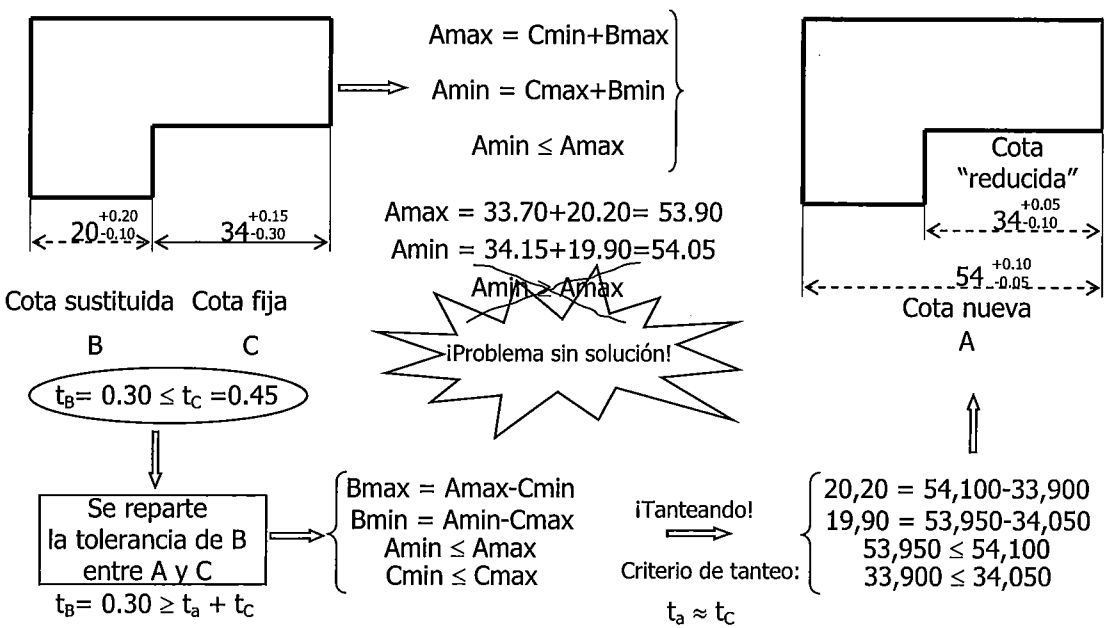


Figura 2.119 Transferencia de cota parcial a cota total cuando la tolerancia de la cota fija es mayor que la de la sustituida.

2.8.3 Transferencia de cota total a parcial

Para sustituir una cota total por una cota parcial, se tiene que tener en cuenta la cota sustituida, la cota nueva y la cota o las cotas fijas, que también son cotas parciales (figura 2.120).

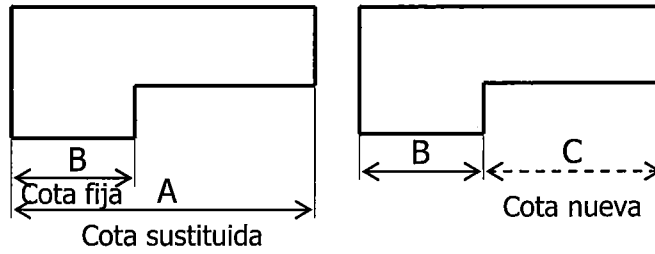


Figura 2.120 Cotras que intervienen en la transferencia de cota total a cota parcial.

De nuevo se distinguen dos casos: si la tolerancia de la sustituida es mayor que la fija se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.121. Si la tolerancia de la fija es mayor que la sustituida el problema no tiene solución (tal como se indica en la figura 2.122), por lo que se aplica el procedimiento descrito en la figura 2.122 que consiste en reducir la tolerancia de la cota fija, repartiendo la tolerancia de la cota sustituida entre la fija con tolerancia "reducida" y la nueva.

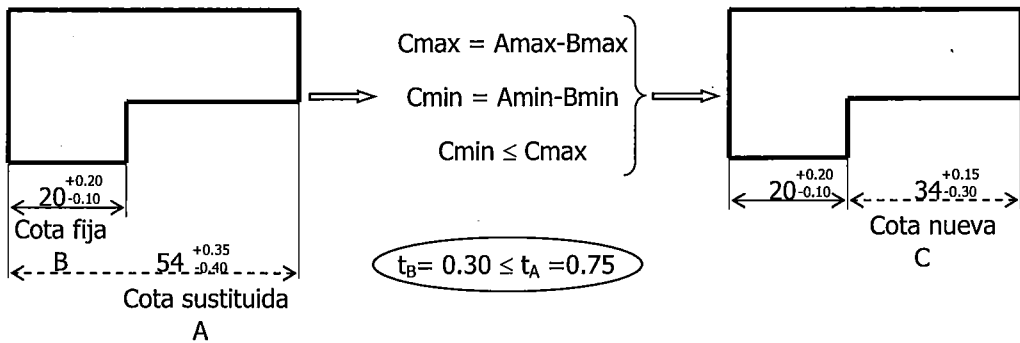


Figura 2.121 Transferencia de cota total a cota parcial cuando la tolerancia de la cota sustituida es mayor que la de la fija.

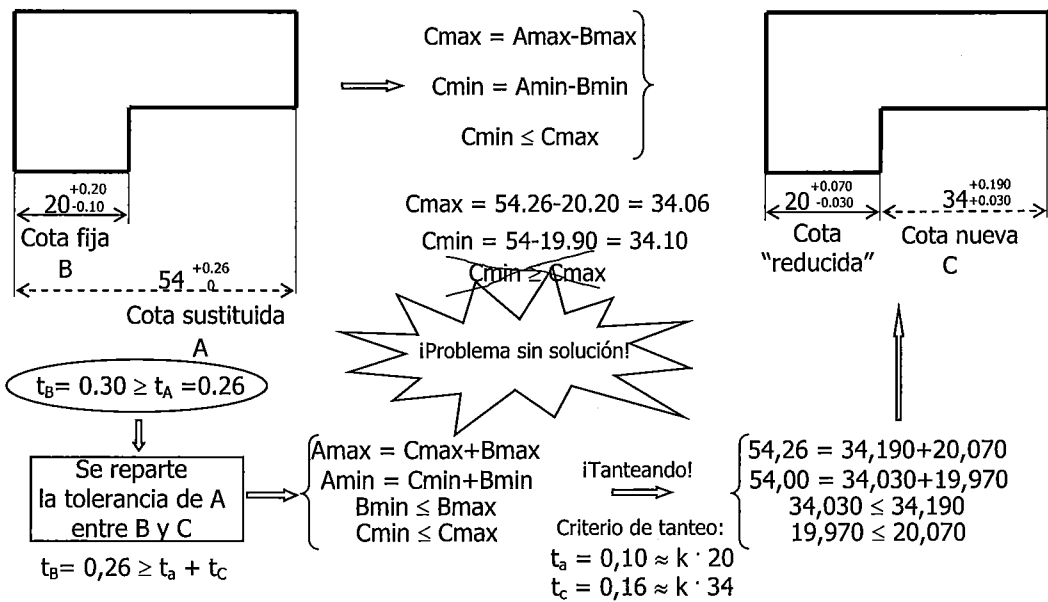


Figura 2.122 Transferencia de cota total a cota parcial cuando la tolerancia de la cota fija es mayor que la de la sustituida.

